MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI
UNIVERSITATEA DIN GALAȚI

JORA MIRON

TEHNOLOGIA SUDĂRII CU FLACĂRĂ DE GAZE ȘI PROCEDEE CONEXE

PARTEA I: Utilajul și tehnologia sudării cu flacără de gaze

— 1988 —

Scanned with OKEN Scanner

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI
UNIVERSITATEA DIN GALAȚI

JORA MIRON

TEHNOLOGIA SUDĂRII CU FLACĂRĂ DE GAZE ȘI PROCEDEE CONEXE

PARTEA I: Utilajul și tehnologia sudării cu flacără de gaze

— 1988 —

Scanned with OKEN Scanner

C U P R I N S

Pag.

Cuprins I
Introducere IV

Cap.I. PROCEDEE DE PRELUCRARE CE UTILIZEAZA FLACARA DE GAZE 1
1.1.Clasificarea procedeelor de prelucrare cu flacără de gaze 1
1.2.Principiul sudării cu flacără de gaze 4
1.2.1.Sudarea prin topire 4
1.2.2.Sudarea prin presiune 5
1.3.Transmisia de căldură la sudarea cu flacără de gaze...6

Cap.II. O X I G E N U L 9
2.1.Proprietăţi fizico-chimice şi metode de obţinere. . . 9
2.2.Obţinerea oxigenului din aer. 11
2.2.1.Separarea oxigenului din aerul lichid 11
2.2.2.Tehnici şi instalaţii pentru lichefierea aerului 11
2.2.3.Operaţiile necesare obţinerii oxigenului tehnic 14
2.2.4.Transportul oxigenului la locul de utilizare...14
2.3.Utilaje pentru transportul şi gazificarea oxigenului 15
2.4.Butelia de oxigen 17
2.5.Reductorul de presiune 19
2.5.1.Construcţia şi funcţionarea reductoarelor de presiune 20
2.5.2.Elemente de calcul şi proiectare 24

Cap.III.GAZE COMBUSTIBILE 29
3.1.Proprietăţi şi metode de obţinere 29
3.1.1.Hidrogenul 29
3.1.2.Metanul 29
3.1.3.Propanul şi butanul 31
3.1.4.Benzina,petrolul,benzenul 31

Pag.

3.1.5.Metilacetilena-propadiena 31
3.1.6.Acetilena 32
3.2.Instalaţii pentru producerea acetilenei 34
3.2.1.Caracteristicile reacţiei de obţinere a acetilenei tehnice 34
3.2.2.Clasificarea şi construcţia generatoarelor. . . 36
3.2.3.Elemente de calcul şi proiectare a generatoarelor 45
3.2.4.Supape de siguranţă 48
3.2.5.Filtrul de acetilenă 54
3.3.Butelia de acetilenă 55
3.3.1.Construcţie şi funcţionare 56
3 '.Reductoare de presiune pentru gaze combustibile. . . .58

Cap.IV. FLACARA DE GAZE 60

4.1.Caracteristicile de bază ale combustiei gazelor . . . 60
4.2.Flacăra oxiacetilenică 62
4.2.1.Fazele arderii şi structura flăcării 62
4.2.2.Interacţiunea flacără-metal 64
4.2.3.Caracteristicile flăcării ca sursă termică. . . 66
4.3.Arzătoare pentru sudare 68
4.3.1.Arzătoare cu injector 69
4.3.2.Arzătoare fără injector 71
4.3.3.Arzătoare pentru gaze combustibile înlocuitoare ale acetilenei 71
4.3.4.Elemente de proiectare a arzătoarelor cu injector pentru acetilenă 73

Cap.V. SUDAREA PRIN TOPIRE CU FLACARA DE GAZE 75
5.1.Parametri tehnologici 75
5.1.1.Puterea arzătorului 75
5.1.2.Compoziţia flăcării 75
5.1.3.Materialul de adaos şi fluxul 76
5.1.4.Geometria rostului. 76
5.1.5.Tehnica de sudare 78
5.1.6.Defecte ale sudurilor 82
5.2.Sudarea oţelurilor 83
5.2.1.Sudarea oţelurilor carbon 84
5.2.2.Sudarea oţelurilor austenitice crom-nichel. . . 88

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

5.3.Sudarea fontei 91
5.4.Sudarea cuprului şi aliajelor sale 95
5.4.1.Sudarea cuprului 95
5.4.2.Sudarea alamelor 1oo
5.4.3.Sudarea bronzurilor. 1o2
5.5.Sudarea aluminiului şi aliajelor sale 1o4
5.6.Sudarea plumbului 1o9

Cap.VI. SUDAREA PRIN PRESIUNE CU FLACARA DE GAZE 112

6.1.Sudarea prin presiune în stare solidă 113
6.2.Sudarea prin presiune cu topire 115
6.3.Aplicaţii ale sudării prin presiune cu flacără de gaze 116

BIBLIOGRAFIE 118

I N T R O D U C E R E

Sudarea nu este o creaţie a timpurilor moderne. Ea este menţionată de Herodot în „Clio", de Pliniu cel Bătrîn în „Naturalis Historia" şi de alţi istorici antici. Descoperirea unor unelte din cupru sudate, aparţinînd civilizaţiei sumeriene (sec. 14 î.e.n.) plasează originile sudării la începuturile civilizaţiei umane.

Sudarea prin forjare, folosită şi astăzi de fierari, a fost primul procedeu de asamblare prin sudare. Veneţianul Vanoccio Biringuccio, referindu-se la sudare, scrie în cartea sa „Pirotehnica" (1540): „Sudarea (în focul de forjă) mi se pare un lucru ingenios, puţin folosit acum, dar de mare interes practic în viitor".

Flacăra de gaze a fost cea de a doua sursă de căldură folosită pentru sudare încă din antichitate. Vechii egipteni, greci şi romani utilizau flacăra de alcool, în arzătoare, pentru sudarea şi prelucrarea metalelor preţioase şi a plumbului.

In anul 1836 a fost descoperită acetilena. Acest gaz, prin ardere în oxigen, produce o flacără cu temperatură înaltă (aproximativ 3200°C) necesară prelucrării aliajelor fierului. Acetilena a fost utilizată în laboratoare pînă în 1892 cînd a fost elaborată o metodă de producere în cantităţi mari a carburii de calciu. Inceputul secolului XX marchează folosirea pe scară industrială a sudării ca procedeu de asamblare, flacăra oxiacetilenă fiind sursa termică utilizată.

Această primă parte a cursului de „Tehnologia sudării cu flacără de gaze şi procedee conexe" are ca obiect prezentarea tehnologiei şi utilajelor folosite la sudarea cu flacără de gaze, prin topire şi prin presiune. Materialul a fost structurat în 6 capitole, a căror succesiune urmăreşte prezentarea utilajelor, a proprietăţilor flăcării de gaze şi a tehnologiilor de sudare a diferitelor materiale. Lucrarea se adresează studenţilor secţiei de subingineri „Tehnologia sudării".

Autorul,

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 1

PROCEDEE DE PRELUCRARE CE UTILIZEAZA FLACARA DE GAZE

1.1. Clasificarea procedeelor de prelucrare cu flacără de gaze

Utilizarea flăcării de gaze, ca sursă termică pentru prelucrarea materialelor, cuprinde un larg domeniu de aplicaţii. Ea a constituit sursa de energie ce a permis aplicarea la scară industrială a tehnologiilor de asamblare prin sudare.

In schema 1 sînt prezentate principalele domenii de utilizare a flăcării de gaze. Alături de sudare - cea mai cunoscută şi principală utilizare - se pot enumera: debitarea,lipirea,încărcarea suprafeţelor,tratamentele termice.

Toate aceste aplicaţii sînt considerate ca fiind procedee conexe sudării.

Sudarea este procedeul tehnologic de obţinere a unei îmbinări monolitice prin stabilirea unei legături între reţelele cristaline, în acest scop utilizînd o activare energetică .Activarea energetică poate fi realizată sub formă de:activare termică,obţinută prin introducerea unei cantităţi de energie calorică ce are ca efect ridicarea temperaturii; activare mecanică, obţinută prin acţiunea unor forţe ce deformează plastic corpurile în zona îmbinării.Corelaţia între parametrii tehnologici,temperatură T, şi presiune p,determină conform figurii 1.1, domeniul de realizare a sudurii.

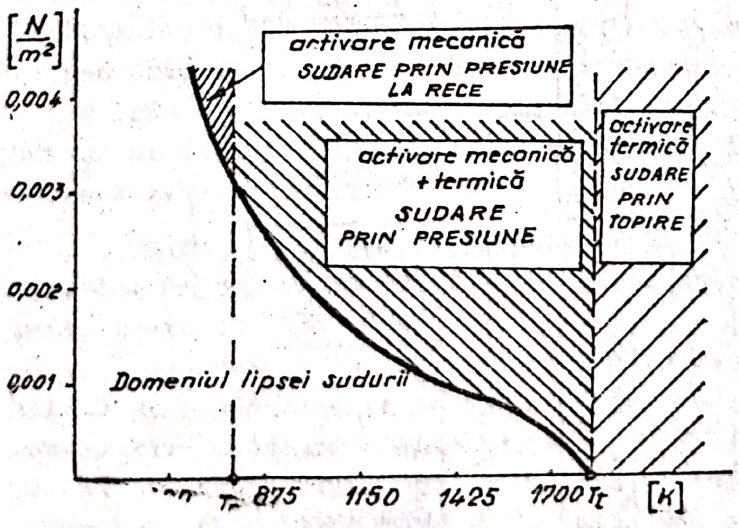
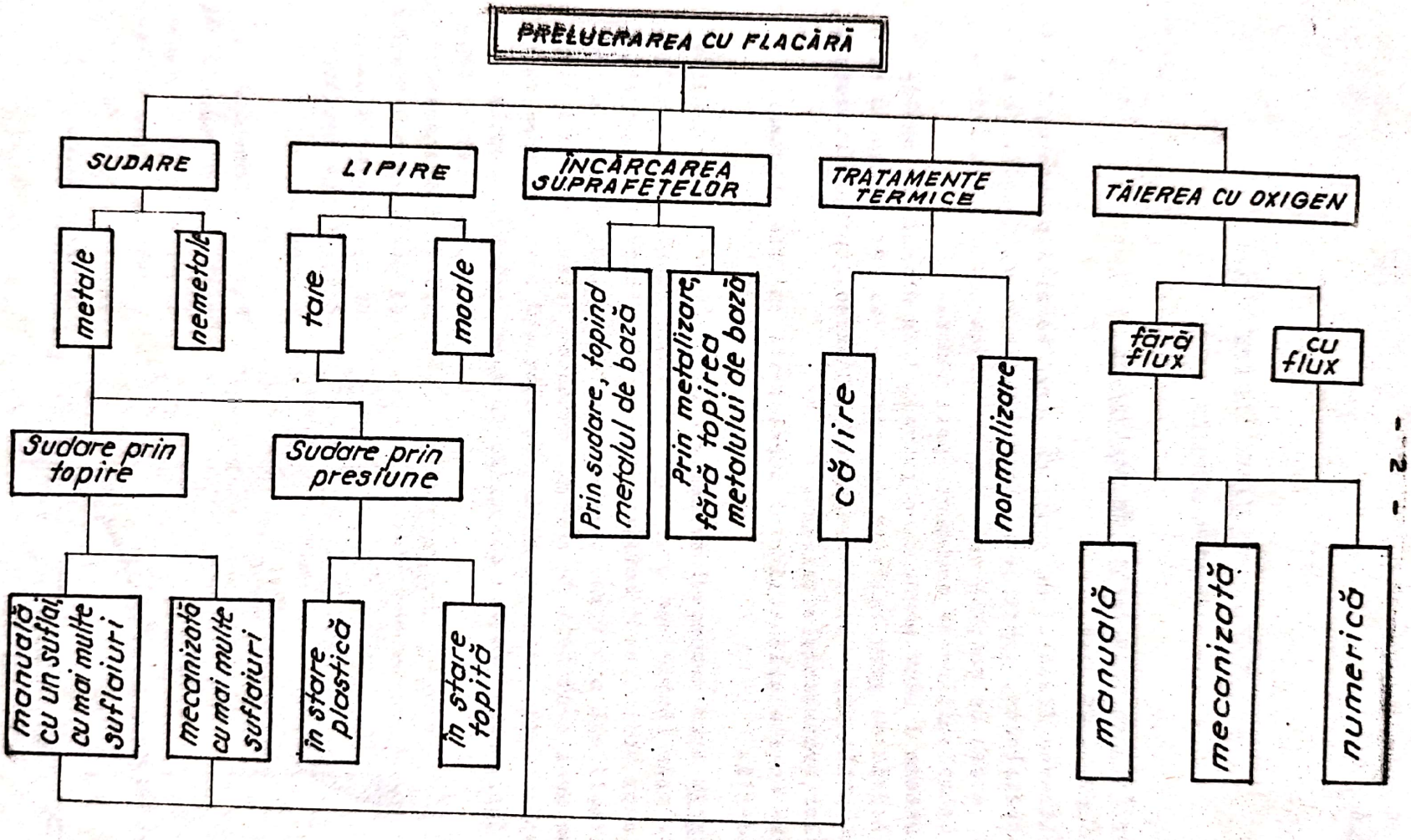


Fig.1.1. Domeniul de realizare a sudurii şi împărţirea sa în zone corespunzătoare diferitelor procese de sudare (pentru fierul pur)



Schema 1 - Principalele domenii de utilizare a flăcării de gaze

Scanned with OKEN Scanner

Domeniul este o caracteristică pentru fiecare material.

Sudarea cu flacără de gaze permite realizarea de îmbinări prin procese corespunzătoare zonelor III şi II (fig.1.1) şi anume:

- prin topire, la care $T>T_t$ (T_t- temperatura de topire a metalului de bază) şi $p = 0$;
- prin presiune, la care $T_r<T<T_t$ (T_r- temperatura de recristalizare) şi $p \neq 0$.

Sudarea prin presiune la rece ($T<T_r$), corespunzătoare zonei I, nu utilizează sursă termică, îmbinarea componentelor realizîndu-se prin activare mecanică, $p \neq 0$.

Debitarea constă în arderea fierului, încălzit, sub acţiunea unui jet de oxigen. Procedeul se aplică la tăierea oţelurilor carbon de uz general. Arderea fierului precum şi fluidizarea oxizilor rezultaţi se produce la temperaturi inferioare temperaturii de topire a metalului de bază.

O variantă a acestui procedeu - debitarea cu oxigen şi flux - permite tăierea oţelurilor inoxidabile, a fontei, metalelor şi aliajelor nefercase, a căror oxizi au temperaturi de fluidizare superioare temperaturii de topire.

Fluxul, introdus în jetul de oxigen, degajă prin ardere o cantitate suplimentară de căldură, necesară debitării.

Lipirea este un procedeu de asamblare nedemontabilă a pieselor în stare solidă prin intermediul unui aliaj topit aflat între suprafeţele de îmbinat.

In funcţie de temperatura de topire a aliajului se deosebesc două variante ale procedeului: lipirea moale, pentru aliaje cu temperatura de topire $T_t<730$ K; lipirea tare, pentru aliaje $T_t>730$K;

Prin lipire se pot asambla componente din acelaşi material precum şi cupluri din materiale total diferite: oţel-cupru, oţel-carburi metalice, etc.

Incărcarea suprafeţelor constituie cel mai modern şi eficient procedeu de recondiţionare. Ea se poate aplica în două variante: prin sudare şi prin metalizare.

Incărcarea prin sudare prezintă un dublu aspect: a) cînd se aplică unei piese uzate pentru a-i reda forma, cu acelaşi material, este numită „încărcare complimentară"; b) cînd se aplică unei piese pentru a-i conferi calităţi deosebite situaţie în care materialul de adaos este diferit de metalul de bază. Dacă metalul de adaos este dur şi rezistent la uzură operaţia se numeşte „blindare" sau „armare"

Incărcarea prin metalizare,cunoscută şi sub denumirea de „metalizare prin pulverizare",oferă avantajul încărcării suprafeţelor fără ca metalul de bază să fie topit sau să permită modificări structurale. Ea se realizează încălzind suprafaţa piesei la aproximativ 575-625 K.

Tratamentele termice la care încălzirea se realizează cu flacără de gaze sînt: călirea superficială, normalizarea şi revenirea. Ele se aplică atunci cînd suprafaţa de tratat este mică faţă de suprafaţa totală a piesei respectiv cînd celelalte metode ar duce la deformaţii mari ale piesei.

1.2. Principiul sudării cu flacără de gaze

1.2.1. Sudarea prin topire

Sudarea prin topire,conform celor prezentate la punctul 1.1, constituie una din principalele utilizări ale flăcării de gaze.

Topirea metalului de bază şi a celui de adaos se realizează folosind, ca sursă termică,flacăra produsă prin arderea unui gaz combustibil în aer sau oxigen.

Cele două gaze, combustibil şi comburant, sînt amestecate, în volume aproximativ egale,într-un aparat numit arzător (suflai) de sudare, formînd flacăra de sudare.

In figura 1.2 este prezentat schematic modul de realizare a unei îmbinări prin topire cu flacără.S-a ales pentru exemplificare o sudare în poziţie orizontală,cap la cap,la care s-a folosit flacăra oxiacetilenică (gaz combustibil - acetilena,gaz comburant-oxigenul).

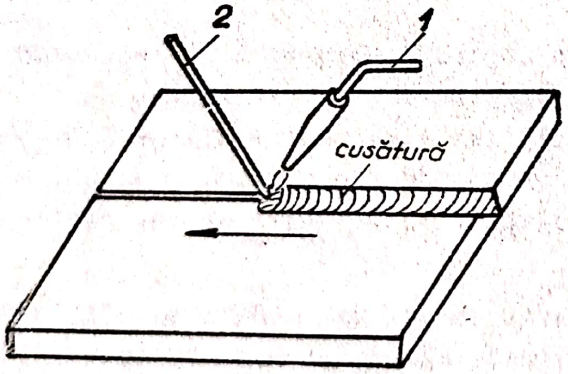


Fig.1.2.Execuţia unei îmbinări sudate cu flacără oxiacetilenică

Flacăra arzătorului 1 este îndreptată spre marginile rostului (metalul de bază) producînd topirea acestora.

Metalul de adaos este constituit din vergeaua 2. El este topit de flacără simultan cu metalul de bază.

Baia de sudură rezultată prin topirea şi amestecarea celor două materiale (de bază şi de adaos) formează prin solidificare „cusatura" sau „cordonul".

Suflaiul, prin deplasare în sensul arătat de săgeată (direcţia de sudare), va topi marginile rostului pe întreaga lungime

realizînd îmbinarea componentelor.

1.2.2. Sudarea prin presiune

Sudarea prin presiune realizează îmbinarea componentelor prin utilizarea ambelor forme de activare energetică: mecanică şi termică.

Sudura rezultă în urma deformării plastice a componentelor, încălzite la temperaturi inferioare temperaturii de topire.Datorită deformării plastice se produce o micşorare a parametrului (respectiv parametrilor) reţelei cristaline şi o creştere a nivelului energetic al ionilor plasaţi în nodurile reţelei. Revenirea la starea energetică iniţială va avea ca rezultat stabilirea legăturilor metalice prin constituirea unei reţele comune celor două componente de sudat. Activarea termică,respectiv încălzirea componentelor cu flacără de gaze,uşurează deformarea plastică mărind în acelaşi timp şi nivelul energetic al ionilor reţelei cristaline.

Sudarea prin presiune prezintă două variante:

- în stare solidă;
- cu topire.

1.2.2.1.Sudarea prin presiune în stare solidă este prezentată, ca mod de realizare,în figura 1.3.

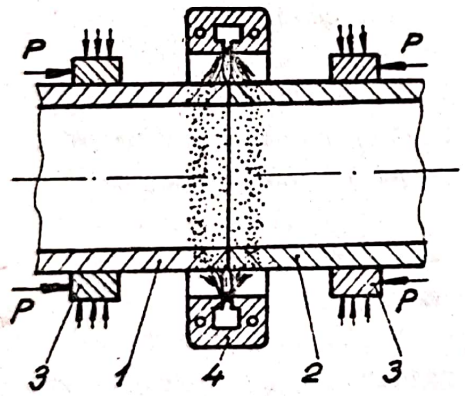


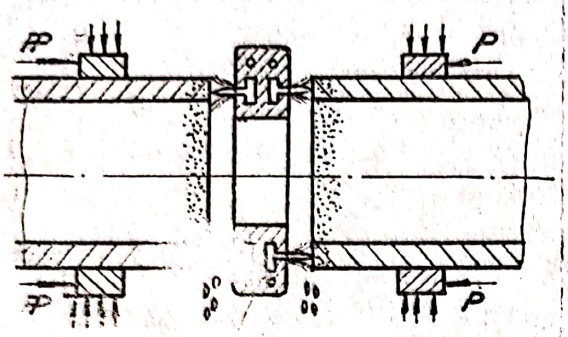
Fig.1.3.- Execuţia unei îmbinări sudate prin presiune în stare solidă

Componentele de sudat 1 şi 2, fixate în bacurile 3, sînt apropiate şi presate cu o forţă P. Arzătorul inelar 4 încălzeşte marginile pisselor pe o porţiune relativ redusă (porţiunea punctată) pînă ce metalul de bază este adus în stare plastică.

Sub acţiunea forţei P piesele sînt deformate realizîndu-se îmbinarea. In zona îmbinării apare o îngroşare (cusătură în bordură) însoţită de scurtarea axială a componentelor. După realizarea deformării plastice se întrerupe acţionarea forţei P şi se stinge arzătorul.

1.2.2.2. Sudarea prin presiune cu topire este prezentată în figura 1.4. Similar cu varianta precedentă, componentele fixate în bacuri sînt încălzite de arzătorul 3. Arzătorul este de forma unui disc plasat între capetele pieselor de sudat.

Acestea sînt încălzite pînă la topire după care arzătorul este retras şi urmează presarea.



3

Fig.1.4. Execuţia unei îmbinări sudate prin presiune cu topirea marginilor

Metalul topit este îndepărtat din interstiţiul dintre piese astfel sudarea se realizează datorită deformării plastice. Temperatura zonei din metalul deformat plastic este inferioară temperaturii de topire.

Avantajul acestui procedeu constă în: eliminarea prelucrării exacte a capetelor (perpendicular pe axa longitudinală); expulzarea oxizilor şi impurităţilor în metalul topit, care reduc proprietăţile mecanice ale îmbinării sudate.

1.3. Transmisia de căldură la sudarea cu flacără de gaze

In fizică, prin flacără se defineşte o masă de gaze ajunsă la incandescenţă datorită unor reacţii chimice exoterme.

Temperatura flăcării, ce poate varia între 2100-3500 K, depinde de natura gazelor intrate în reacţie, de viteza de reacţie, de conductibilitatea termică şi capacitatea calorică a masei de gaz, de pierderile prin radiaţie.

Flacăra de gaze transmite prin convecţie, metalului de bază, cantitatea de căldură necesară topirii marginilor rostului.

Teoretic, pentru a se putea obţine o îmbinare rezistentă ar fi suficientă topirea marginilor pe o grosime egală cu cîteva zeci de straturi atomice. In practică acest lucru nu este posibil de realizat şi, pentru a avea certitudinea obţinerii unei suduri de bună calitate este topită o masă de metal mult mai mare.

Analizînd cele prezentate, sub aspectul utilizării raţionale a energiei, rezultă că topirea unei cantităţi excesive de metal este neeconomică. Creşterea dimensiunilor cusăturii nu influenţează favorabil caracteristicile mecanice ale îmbinării ci, din contra, la majoritatea materialelor, prin modificările structurale produse, constituie cauza apariţiei multor defecte.

O îmbinare raţională este considerată a fi aceea la care, conform figurii 1.5, raportul dintre aria cusăturii A_c şi aria rostului, A_r este de 1,1...1,3. Rezultă deci că metalul de bază participă în proporţie de 10-30% la formarea cusăturii.

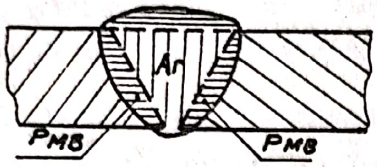


Fig.1.5.- Participarea metalului de bază la formarea cusăturii

Utilizarea flăcării de gaze la sudare este eficientă dacă încălzirea metalului de bază, în vederea topirăi, este localizată. Topind volumul minim de metal necesar obţinerii cusăturiă se reduc pierderile prin conductivitate în metalul de bază.

Cantitatea de căldură transmisă de flacără metalului de bază depinde de:

- diferenţa de temperatură dintre cele două corpuri. Eficienţa acestui proces poate fi determinată prin calcularea coeficientului de utilizare a temperaturii η_T:

$$\eta_T = 1 - \frac{T_{MB}}{T_F} \qquad (1.1)$$

în care, T_F este temperatura maximă a flăcării;

T_{MB}- temperatura de topire a metalului de bază.

Valoarea coeficientului creşte cu cît diferenţa dintre temperatura flăcării T_F şi temperatura de topire T_{MB}, este mai mare. Practic, o flacără concentrată, cu $T_F > T_{MB}$, va încălzi un volum redus din metalul de bază şi va elimina în mare măsură pierderile prin conductivitate;

- pierderile de căldură prin flacără. Conform schiţei din figura 1.6, gazele flăcării - cu temperatura T_F- după contactul cu metalul de bază, căruia îi cedează căldura, sînt evacuate, avînd temperatura T_{FE}. Evident, $T_{FE} < T_F$. Deoarece contactul flacără-metal de bază este relativ scurt ca durată, nu se va produce egalizarea temperaturilor, $T_{FE} \neq T_{MB}$, astfel că temperatura gazelor evacuate T_{FE}, va fi mai mare decît cea a metalului de bază, T_{MB} ($T_{FE} > T_{MB}$). Această diferenţă de temperatură reprezintă pierderile de căldură prin flacără şi se pot estima prin calcularea coeficientului η_F: cu relaţia :

$$\eta_F = 1 - \frac{T_{FE}}{T_F} \qquad (1.2)$$

In cazul în care $T_{FE} = T_F$, coeficientul $\eta_F = 0$, semnificaţia fizică fiind aceea că transmisia de căldură este nulă şi metalul

de bază deci nu s-a încălzit.

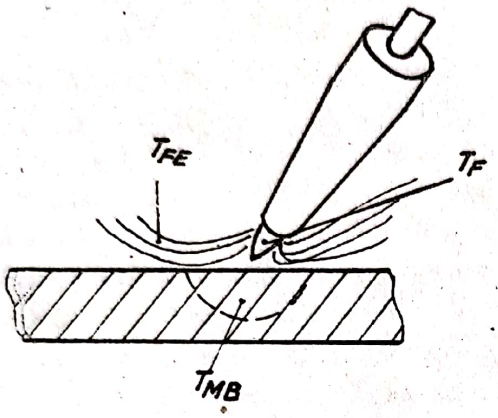


Fig.1.6. Temperaturile gazelor flăcării înainte și după cedarea energiei termice, T_F și T_{FE}. Temperatura metalului de bază, T_{MB}.

Din relațiile (1.1) și (1.2) rezultă că utilizarea eficientă a flăcării se realizează în cazul în care: $T_F >> T_{MB}$ și $T_{FE} = T_{MB}$.

Pentru a încălzi oțelul la temperatura de topire, temperatura T_F trebuie să fie de ordinul a 2200-2300 K.

Conform relației (1.2), temperatura flăcării utilizate la sudare T_F, trebuie să depășească 2300 K. Obținerea acestei valori ridicate a temperaturii este posibilă prin arderea carbonului și hidrogenului în oxigen pur, adică prin folosirea hidrocarburilor drept gaze combustibile.

Cel mai utilizat gaz combustibil la sudarea cu flacără este acetilena (C_2H_2) prin arderea căreia în oxigen rezultă o flacără cu temperatura de 3400 K.

CAPITOLUL 2

O X I G E N U L

2.1. Proprietăţi fizico-chimice şi metode de obţinere

Oxigenul este cel mai răspîndit element din atmosferă, hidrosferă şi litosferă. Oxigenul este întîlnit în:aer,în stare liberă,reprezentînd 2o,9 % din volum (23,15 % din masă); apă, combinat cu hidrogenul, constituind 86 % din masă; scoarţa terestră, sub formă de carbonaţi şi silicaţi, unde reprezintă aproximativ 5o % din masă.

In condiţii normale de presiune şi temperatură (o,1 MPa şi 293,15 K) oxigenul este în stare gazoasă, gazul fiind incolor, inodor, insipid. Prin răcire la 9o,18 K, la presiune atmosferică, oxigenul trece în stare lichidă.

Oxigenul formează combinaţii cu toate elementele, exceptînd gazele inerte; cu majoritatea reacţionează direct, în afară de hidrogen. şi metalele nobile (aur, platină, argint).

Reacţiile de ardere (oxidare) în oxigen pur sînt puternic exotermice; arzînd în aer oxidul de carbon poate atinge temperatura de 236o K, în oxigen - 3o9o K; prin ardere în aer acetilena atinge temperatura de 249o K, în oxigen 34oo-35oo K.

Oxigenul are următoarele caracteristici fizice:

- masa moleculară 32
- masa 1 m^3 la 273,15 K şi o,1 MPa(abs)*),kg 1,43
- masa 1 m^3 la 293,15 K şi o,1 MPa(abs), kg 1,33
- temperatura critică**),K 153,35
- presiunea critică**),MP_a(abs) . . . . . 5,14 (abs 51,35 kgf/cm^2)
- temperatura de fierbere la o,1 MPa (abs),K 9o,18
- masa 1 dm^3 oxigen lichid la 9o,18 K şi o,1 MPa (abs),kg...1,13
- cantitatea de oxigen gazos,obţinut dintr-un dm^3 de oxigen lichid la 293,15 K şi o,1 MPa(obs),dm^3... 85o

*)Notaţia (abs) referitoare la presiune arată că valoarea indicată reprezintă presiune absolută;

**)Temperatura critică,pentru fiecare gaz,este denumită cea mai ridicată temperatura corespunzătoare trecerii în stare lichidă: valoarea presiunii necesare acestei transformări este numită presiune critică.

Oxigenul poate fi obţinut prin: metode chimice;electroliza apei; metode fizice (din aer).

- Metodele chimice se bazează pe reacţii de reducere,reacţii ce constă în îndepărtarea oxigenului dintr-un compus oxigenat.Această metoda are o productivitate scăzută şi este neeconomică.Se aplică în cercetări de laborator.

- Electroliza apei, permite obţinerea de hidrogen şi oxigen.

Prin apă, în care pentru mărirea conductivităţii electrice se adaugă o soluţie alcalină de NaOH, se trece un curent continuu; la anod se va degaja oxigenul iar la catod hidrogenul.

Matoda necesită un mare consum de energie electrică: pentru 1 m^3 de oxigen gazos - şi 2 m^3 hidrogen - sînt necesari 43,2.10^3-54.10^3 KJ (12 - 15 KWh).

Metoda este aplicabilă cînd se urmăreşte obţinerea ambelor gaze.

- Metodele fizice de obţinere a oxigenului se bazează pe lichefierea aerului,după care urmează separarea oxigenului.Lichefierea aerului se produce pe baza efectului Joule-Thomson.Efectul Joule--Thomson este fenomenul de răcire sau încălzire a unui gaz real supus detentei,fără producere de lucru mecanic. Pe baza acestui efect, în anul 1873,Karl Von Linde a construit prima instalaţie de lichefiere a cărei schemă de principiu este prezentată în figura 2.1.Gazul răcit prin prin detentă este recomprimat cu ajutorul compresorului pînă cînd atinge temperatura de lichefiere. Lichidul este colectat sub orificiul de detentă, într-un vas Dewar(termos)

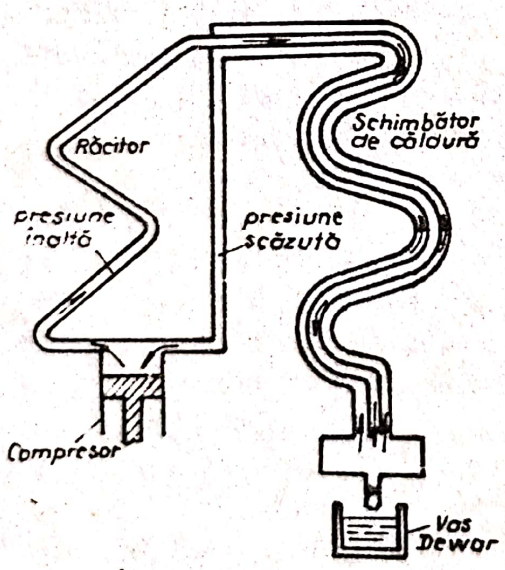


Fig.2.1.- Schema de principiu a maşinii Linde

Consumul de energie electrică în instalaţiile de lichefiere este de 1,4.10^3- 2.10^3KJ/m^3 de oxigen. Cantităţile nelimitate de oxigen precum şi consumul redus de energie constituie principalele avanjate ce au determinat aplicarea industrială a acestei metode.

2.2. Obţinerea oxigenului din aer

2.2.1. Separarea oxigenului din aerul lichid

Aerul atmosferic este un amestec de gaze, conţinutul în volume fiind : oxigen - 2o,93%, azot - 78,o9%, argon - o,o93%, bioxid de carbon - o,o3%; restul de o,9%, sînt cantităţi mici, variabile, de vapori de apă, hidrogen, gaze inerte, etc.

Prin lichefiere rezultă deci un amestec de: azot, oxigen, bioxid de carbon ş.a., în stare lichidă. Separarea oxigenului, respectiv a părţilor componente ale aerului lichid, are la bază diferenţa dintre temperaturile lor de fierbere (evaporare).

La presiunea de o,1 MPa lichefierea aerului se produce în intervalul de temperatură 81,35 K - începutul lichefierii şi respectiv 79,45 K - sfîrşitul lichefierii.

Temperaturile de fierbere ale azotului şi oxigenului, (T_{fN_2}, $T_{f_{O_2}}$) sînt diferite :

$$T_{fO_2} = 9o,18 \text{ K}; \quad T_{fN_2} = 77,4 \text{ K (la o,1 MPa)}$$

La vaporizarea treptată a lichidului azotul va trece primul în stare gazoasă, iar, pe măsură ce el se separă, lichidul rămas se îmbogăţeşte în oxigen.

Deoarece simpla evaporare nu este eficientă, în sensul că vaporii de azot vor conţine mult oxigen iar lichidul rămas va avea de asemenea mult azot, se impune repetarea procesului adică executarea unei vaporizări multiple.

2.2.2. Tehnici şi instalaţii pentru lichefierea aerului

Temperaturile scăzute (negative) necesare lichefierii aerului se obţin prin efectuarea „ciclurilor de răcire". Ele se pot realiza utilizînd diferite tipuri de instalaţii:

2.2.2.1. Lichefierea prin laminarea aerului se bazează pe efectul Joule-Thomson. Schema de principiu a instalaţiei este prezentată în figura 2.2.

Aerul este comprimat în compresul cu mai multe trepte 2, pînă la 2o MPa, iar apoi este trecut prin răcitorul cu apă 1.

Răcirea puternică a aerului se realizează în schimbătorul de căldură 3, cu contracurent de gaze reci provenit din colectorul de gaz lichefiat 4.

Ca urmare a detentei aerului prin droselul 5, el se răceşte şi parţial se lichefiază.

Presiunea din colectorul de gaz lichefiat 4 este reglată în limitele 0,1-0,2 MPa.

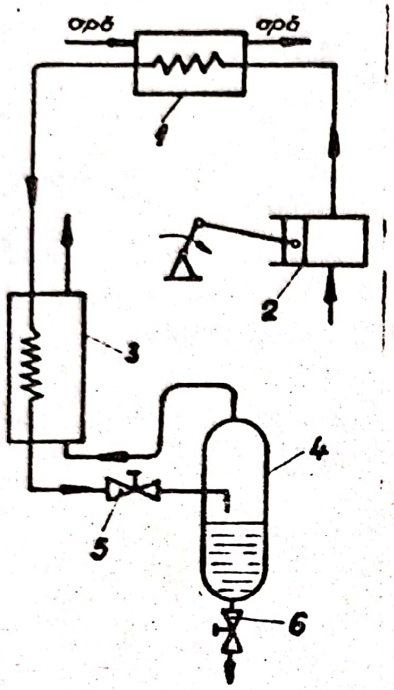


Fig.2.2.-Instalaţie de lichefiere a aerului prin laminare.

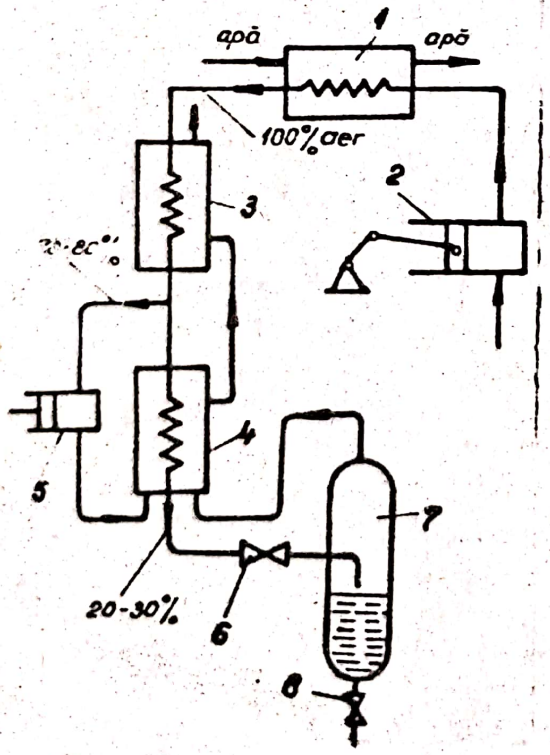
Prin robinetul 6 lichidul este periodic colectat în vase tip Dewar.

Partea nelichefiată a aerului este evacuată în atmosferă prin schimbătorul de căldură 3 şi realizează răcirea aerului din schimbător.

Răcirea aerului la temperatura de lichefiere se produce treptat; la cuplarea instalaţiei are loc o perioadă (cîteva ore) de pornire în cursul căreia aerul nu se lichefiază şi se realizează numai răcirea instalaţiei.

Avantajul acestui procedeu: simplitate; dezavantaj: consum ridicat de energie.

2.2.2.2.Lichefierea la presiune medie cu detentă în compresor este bazată pe: cedarea de energie în exterior şi efect Joule-Thomson



Instalaţia de lichefiere este prezentată în figura 2.3. In compresorul 2 aerul este comprimat la 2,0-4,0 MPa,iar apoi trecut prin răcitorul 1 şi schimbătoarele de căldură 3 şi 4.

După schimbătorul 3 cea mai mare parte din aer (70-80%) este trimisă în cilindrul maşinii 5 (detentor),iar restul (20-30%) este transmis pentru destindere liberă în droselul 6 şi mai departe în colectorul 7 prevăzut cu robinetul 8 pentru colectarea lichidului.

Fig.2.3.- Instalaţie de lichefiere la presiune medie(2-4MPa)cu detentă în compresor.

In detentorul 5 aerul,deja răcit în primul schimbător,execută un lucru mecanic acționînd pistonul mașinii, astfel că presiunea se scade la o,1 MPa iar temperatura scade brusc la 173 K. Din detentor aerul răcit iese în exterior prin schimbătoarele de căldură 4 și 3, răcind aerul ce trece prin ele. Detentorul permite astfel o răcire eficientă la o presiune relativ redusă în compresor.

Acest tip de instalație este mai productiv și mai economic decît primul tip, datorită detentorului.

2.2.2.3.Lichefierea la presiune redusă cu destindere în turbo-detentor, realizată de P.L.Kapița,este bazată pe utilizarea aerului la presiuni scăzute și obținerea frigului numai pe seama destinderii sale într-o turbină cu aer (turbo-detentor) care execută un lucru mecanic exterior. Schema funcțională a instalației este prezentată în figura 2.4.

Aerul este comprimat în turbo-compresorul 2 pînă la o,6-o,7 MPa,răcit cu apă în răcitorul 1 și trimis în schimbătorul de căldură 3 unde este din nou răcit.

Aproximativ 95% din aer,după trecerea prin schimbătorul de căldură 3, este trimis în turbo-detentorul 6, în care execută un lucru mecanic,se destinde și se răcește brusc.In acest mod presiunea scade la o,1 MPa(abs).

Mai departe, aerul trece în condensatorul tubular 4 și condensează partea rămasă a aerului comprimat (5%),care a pătruns în spațiul din țevi.

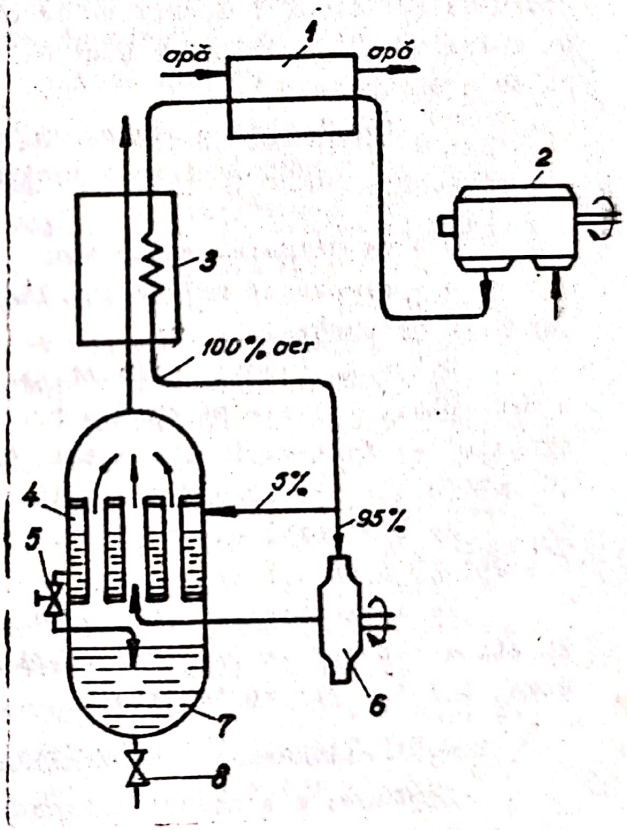


Fig.2.4.- Instalație de lichefiere la presiune redusă cu destindere în turbo-detentor

Din condensatorul 4 curentul principal de aer se îndreaptă spre schimbătorul de căldură 3 și răcește aerul ce pătrunde în acesta. Aerul lichid se evacuează prin droselul 5 în colectorul 7, din care apoi se scurge prin robinetul 8.

In schema prezentată (în fig.2.4) este figurat un singur

schimbător de căldură. In realitate instalaţia este dotată cu mai multe schimbătoare ce se cuplează succesiv.

Avantajele acestei metode constă în: randamentul ridicat datorită folosirii turbinelor; schema tehnologică simplă; siguranţă în exploatare.

2.2.3. Operaţiile necesare obţinerii oxigenului tehnic

Indiferent de tipul instalaţiei folosite pentru lichefiere, obţinerea oxigenului parcurge următoarele operaţii:

1 - curăţirea aerului de impurităţi solide (praf, funingine). Această operaţie este executată înainte de intrarea aerului în compresor, prin filtrare;

2 - lichefierea aerului realizată prin :

- comprimare în compresor. In timpul acestei faze de lucru se realizează: separarea de apă şi ulei (după fiecare treaptă de comprimare); eliminarea bioxidului de carbon (după a doua treaptă de comprimare);
- răcire în răcitor şi schimbător de căldură;
- destindere prin laminare şi/sau detentă;
- lichefiere;

3 - vaporizarea azotului;

4 - evacuarea oxigenului lichid în cisterne şi a celui gazos în gazometre.

Oxigenul tehnic, folosit la prelucrarea cu flacără de gaze a metalelor, trebuie să aibă o puritate de minim 99%. Industrial, oxigenul se fabrică în 3 sorturi (tipuri): tip 97($O_2 \geqslant 97\%$), tip 98 ($O_2 \geqslant 98\%$), tip 99($O_2 \geqslant 99\%$) folosit la sudare.

Se limitează conţinutul în vapori de apă la maxim 0,05 g/m^3 (la 293,15 K şi 0,1 MPa).

In arzătoarele pentru sudare şi tăiere oxigenul este folosit în stare gazoasă la presiuni cuprinse între: 0,15-0,4 MPa-pentru sudare; 0,2-1,0-pentru debitare.

2.2.4. Transportul oxigenului la locul de utilizare

După cum s-a arătat oxigenul poate fi obţinut atît în stare lichidă (după vaporizarea azotului) cît şi în stare gazoasă. El poate fi transportat în ambele situaţii:

- transportul în stare lichidă se face cu recipienţi speciali (vase Dewar) după care gazificarea este realizată la locul de utilizare;

- oxigenul gazos este transportat, la beneficiar, îmbuteliat în recipienţi de oţel la presiunea de 15 MPa.

Alegerea uneiadin cele două variante se face ţinînd seamă de: volumul de gaz utilizat; specificul lucrărilor executate.

In situaţia întreprinderilor mari consumatoare de oxigen tehnic (confecţii metalice, şantiere navale, ş.a.) transportul şi gazificarea oxigenului lichid este mai rentabilă. O butelie de 7o kg, cu un volum de 4o dm^3 avînd oxigen gazos la 15 MPa, va conţine 6 m^3N de gaz; rezultă că pentru 1 m^3N de oxigen se transportă aproximativ 11 kg de metal. Transportînd 1 m^3N de oxigen sub formă de oxigen lichid masa transportată se reduce de aproximativ 1o ori. Distribuţia oxigenului la posturile de lucru (care de obicei sînt fixe) se face prin conducte.

Intreprinderile ce folosesc cantităţi reduse de oxigen utilizează butelii, construcţia şi exploatarea gazificatoarelor fiind neeconomică. Aceeaşi situaţie apare în cazul lucrărilor de construcţii-montaj la care nu există posturi fixe de lucru.

2.3. Utilaje pentru transportul şi gazificarea oxigenului

Oxigenul lichid poate fi transportat în recipienţi izolaţi termic cu: mijloace auto (capacitatea 1 - 7,5 m^3 oxigen lichid); pe calea ferată (capacitatea 3o-4o m^3 oxigen lichid).

In figura 2.5 este prezentată construcţia unui rezervor pentru transportul auto în care: 1-recipient; 2-carcasă; 3-robinet de umplere şi golire; 4-membrană pentru protecţia furtunelor; 5-racord pentru umplere şi golire; 6-robinet de purjare a furtunelor; 7-indicator a nivelului de oxigen lichid; 8-robinet cu 3 căi; 9-racord de cuplare la staţia de oxigen; 1o-supapă de siguranţă; 11-manometru; 12-membrană de protecţie a recipientului 1; 13-ventil de purjare oxigen gazos; 14-racord la consumator; 15-robinet; 16-robinetul vaporizatorului; 17-vaporizator; 18-colector pentru vidarea spaţiului de izolare termică; 19-robinet de vidare; 2o-adsorbant; 21-izolaţie; 22-membrană de siguranţă a carcasei 2.

Recipientul 1, în care este introdus oxigenul lichid, este executat din oţel inoxidabil, CrNi 18-8, iar carcasa 2 din oţel carbon.

Spaţiul dintre recipient şi carcasă este vidat şi umplut cu o substanţă pulverulentă termoizolatoare. Vidul dintre cele două corpuri este de ordinul a 67-6,7 Pa ($5.1o^{-1}$-$5.1o^{-2}$ mm Hg).

Umplerea cu oxigen lichid se face prin robinetul 3 şi racordul 5 dacă se deschide robinetul 13 pentru purjarea gazului în

rezervorul de gaz sau atmosferă. La golirea rezervorului în el rămîne oxigen, la o presiune de 0,1-0,15 MPa, ca urmare a vaporizării oxigenului lichid în vaporizatorul 17. Scurgerea lichidului se realizează prin robinetul 3 şi racordul 5 dacă este închis robinetul 13.

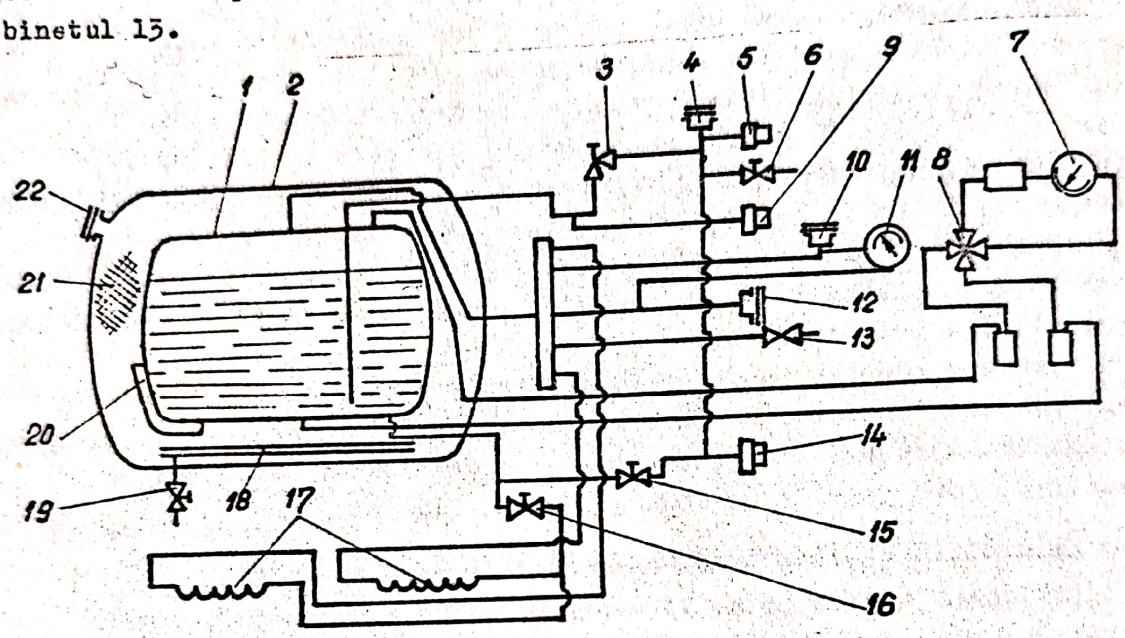


Fig.2.5.- Construcţia rezervorului pentru transportul auto al oxigenului lichid

Pentru transformarea oxigenului lichid în oxigen gazos se utilizează gazificatoarele. Productivitatea acestor instalaţii este de 15-2o m^3/h. Gazificatoarele se pot construi în două variante: cu pompare şi fără pompare.

In figura 2.6 este prezentată schema de principiu a unui gazificator fără pompare cu presiunea de lucru pînă la 1,6 MPa la un consum relativ constant. Oxigenul este trimis prin conducte spre posturile de lucru.

Rezervorul pentru depozitarea oxigenului lichid 2, este construit după acelaşi principiu (vas Dewar) cu rezervorul din figura 2.5.

Presiunea iniţială în rezervorul 2 este obţinută prin vaporizarea oxigenului în vaporizatorul 9 şi este menţinută constantă cu regulatorul 1.

In funcţie de consumul de oxigen, lichidul pătrunde prin regulatorul 8 în vaporizatorul 7 şi apoi, sub formă de gaz, trece

prin conducte spre consumator.

Surplusul de gaz din gazificator este trimis prin regulatorul 5 spre consumator.

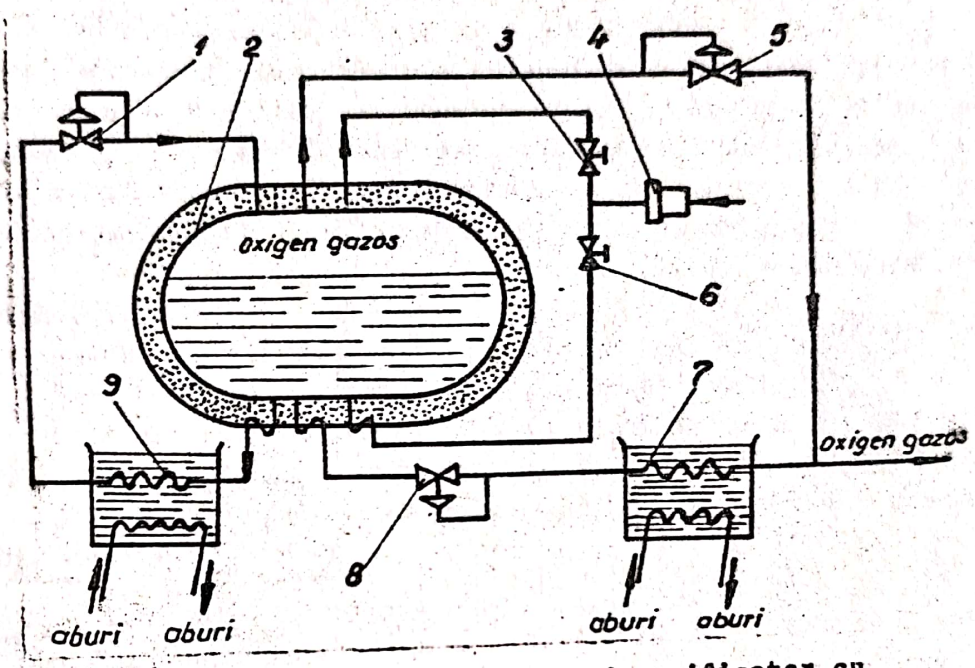


Fig.2.6.- Schema de principiu a unui gazificator cu presiune de lucru de 1,6 MPa

Umplerea cu oxigen lichid a gazificatorului se face prin racordul 4 şi robineţii 3 şi 6.

2.4. Butelia de oxigen

Transportul, stocarea şi utilizarea oxigenului gazos se efectuează în recipienţi de oţel - butelii.

Oxigenul este îmbuteliat în stare gazoasă la presiune de 15 MPa (293,15 K). Butelia de oxigen (fig.2.7) este alcătuită din: corpul 1, robinetul cu ventil 2 şi capacul de protecţie 3.

Corpul buteliei 1, prezintă la partea superioară (capul buteliei) un filet conic în care se montează robinetul cu ventil 2. Partea inferioară este prevăzută cu un suport ce permite aşezarea în poziţie verticală a recipientului.

Buteliile sînt confecţionate prin forjare din două tipuri de oţeluri: oţeluri carbon cu rezistenţă la tracţiune R_m=650 MN/m^2, limita de curgere $R_{p\ 0,2}$ = 380 MN/m^2; alungirea la rupere A = 15%; oţeluri aliate cu: R_m = 900 MN/m^2; $R_{p0,2}$= 700 MN/m^2; A = 10 % şi KCU = 1 MJ/m^2.

Recipienţii din oţel, folosiţi la îmbutelierea oxigenului şi a altor gaze, se fabrică la capacitatea de: 0,4; 0,7; 2; 7; 10; 15; 27; 33; 40; 50 dm^3. Pentru oxigen se utilizează cel mai frecvent butelii de 40 dm^3 cu următoarele dimensiuni: înălţimea 1370 mm (fără robinet), diametru 219 mm, grosimea peretelui 6,8 mm şi masa 60 kg. Buteliile sînt supuse la încercări hidraulice şi pneumatice. Presiunile de încercare P_i, exprimate în funcţie de presiunea de lucru P_L, a buteliei sînt: pentru încercarea hidraulică $P_i = 1,5\ P_L$; pentru încercarea pneumatică $P_i = P_L$.

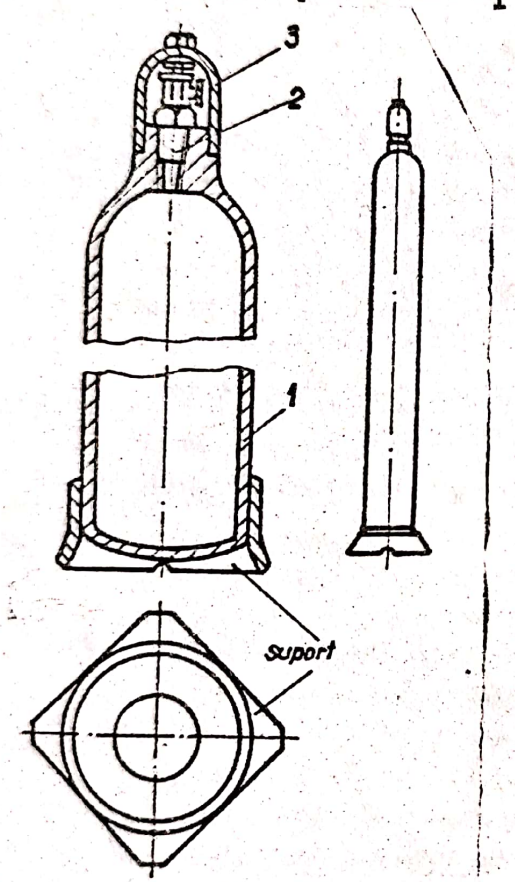


Fig.2.7.- Butelia de oxigen

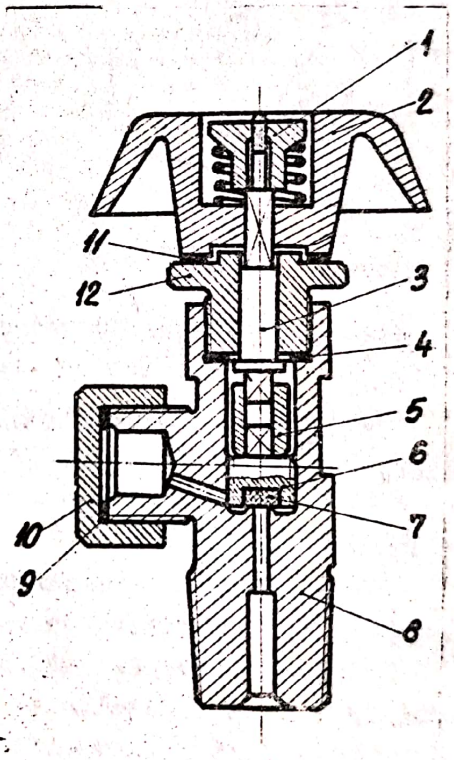


Fig.2.8.- Robinet cu ventil pentru oxigen

Buteliile sînt vopsite în albastru şi au inscripţia „OXIGEN" de culoare neagră.

Robinetul cu ventil este prezentat în figura 2.8. Corpul 8 se fixează cu partea filetată în capul buteliei de oxigen. Rozeta 2 este fixată în capul pătrat al tijei de acţionare 3 cu piuliţa 1. Prin intermediul bucşei de cuplare 5, la rotirea rozetei, ventilul 6 se deşurubează permiţînd trecerea oxigenului în canalul lateral şi

mai departe în reductorul de presiune. Corpul şi piesele reductorului sînt executate din alamă. Filetul canalului lateral, pentru fixarea reductorului de presiune, este G 3/4 dreapta, spre deosebire de robineţii pentru alte gaze al căror filet este G 1/2 stînga.

2.5. Reductorul de presiune

Presiunea la care este utilizat oxigenul în aparatele de sudare şi debitare (presiunea de lucru, p) are valori reduse faţă de presiunea la care este îmbuteliat sau furnizat prin gazificare (presiunea de alimentare P).

Reductorul de presiune este aparatul ce realizează simultan:

- reducerea presiunii de alimentare la valoarea dorită a presiunii de lucru;
- menţinerea presiunii de lucru la valoare constantă.

Reductorul de presiune constitue un sistem de reglare automată compus dintr-un sistem de comandă şi o legătură de reacţie a cărui schemă este prezentată în figura 2.9.

Sistemul de comandă ce acţionează asupra presiunii primeşte la intrare două semnale:

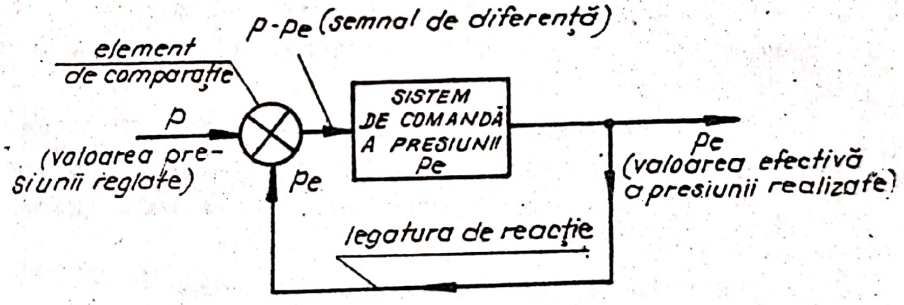


Fig.2.9.- Schema sistemului de reglare automată a reductorului de presiune

- un semnal de comandă p, realizat din exterior şi care corespunde valorii dorite a presiunii de lucru;
- semnalul legăturii de reacţie. p_e, corespunzător valorii efective a presiunii realizate.

Cele două semnale sînt comparate rezultatul fiind un nou semnal care reprezintă diferenţa $p-p_e$. Acesta acţionează asupra sistemului de comandă care modifică presiune p_e pînă cînd semnalul de diferenţă $p-p_e$ devine nul.

In acest moment, valoarea presiunii p_e devine egală cu valoarea dorită a presiunii de lucru p. La fiecare abatere a valorii

presiunii de lucru p_e, apare semnalul $p-p_e$ [illegible] care acţionează din din nou şi modifică valoarea p_e astfel ca $p-p_e$ să devină nul şi deci p_e să fie egal cu p.

Reducerea presiunii se realizează prin laminarea gazului astfel că orice reductor este format dintr-o cameră de înaltă presiune şi o cameră de joasă presiune, între care se află plasată o supapă de laminare.

Supapa de laminare constituie sistemul de comandă ce realizează conform schemei din figura 2.1o reglarea automată. Poziţia ventilului supapei de laminare este stabilită automat, de către două forţe de sensuri opuse ce acţionează asupra sa şi anume: forţa unui arc reglat din exterior şi forţa datorată presiunii din camera de joasă presiune (presiunea de lucru) ce acţionează prin intermediul unei membrane elastice.

Reductoarele de presiune pentru oxigen se pot clasifica după mai multe criterii, dintre care mai importante sînt:

a - soluţia constructivă adoptată:

- reductoare cu acţiune directă: reductoare la care gazul din camera de înaltă presiune acţionează în sensul deschiderii supapei de laminare;

- reductoare cu acţiune inversă: gazul din camera de înaltă presiune acţionează în sensul blocării supapei de laminare;

b - numărul treptelor de reducere a presiunii (numărul supapelor de laminare):

- reductoare cu o treaptă de reducere;

- reductoare cu două trepte de reducere;

c - destinaţie:

- reductoare pentru sudare: presiunea de lucru $p < o,6$ MPa;

- reductoare pentru sudare şi debitare de semifabricate cu grosimi $g < 3oo$; presiunea de lucru $p = o,6...1,5$ MPa;

- reductoare pentru debitarea de semifabricate de grosimi mari: presiunea de lucru $p = 1,5...3,o$ MPa;

d - debitul de oxigen furnizat:

- reductoare de debit mic: 3,o...5o m^3N/h la presiunea de lucru $p = 1,o...1,5$ MPa;

- reductoare de debit mare: 5o...1oo m^3N/h la presiunea de lucru $p = o,6...2,o$ MPa.

2.5.1. Construcţia şi funcţionarea reductoarelor de presiune

Prezentarea tipurilor de reductoare menţionate în criteriile

de clasificare după soluţia constructivă şi numărul treptelor de reducere a presiunii, permite cunoaşterea construcţiei şi funcţionării acestora.

2.5.1.1. Reductorul de presiune cu acţiune directă cu o treaptă de laminare este prezentat în figura 2.1o.

La deschiderea robinetului cu ventil oxigenul din butelie intră prin conducta 1 în camera de înaltă presiune 4.

Comprimînd arcul 9 prin rotirea spre dreapta a şurubului de reglare 1o, membrana elastică 11 se deformează şi acţionează furca 12 care ridică supapa 5 de pe scaun. La ridicarea supapei gazul va trece în camera de joasă presiune 8 şi, datorită laminării, îşi reduce presiunea la valoarea presiunii de lucru. Arcul 3, ce are rolul de a fixa supapa pe scaun, este comprimat. Variind înălţimea de ridicare a supapei, cu ajutorul şurubului de reglaj 1o, se obţine presiunea de lucru la valoarea dorită.

Manometrele 2 şi 7 indică presiunea din cele două camere.

Supapa de siguranţă 6 are rolul de a proteja membrana elastică 11 şi furtunul de alimentare a arzătorului, evacuînd oxigenul în atmosferă în situaţia creşterii accidentale a presiunii în camera de joasă presiune.

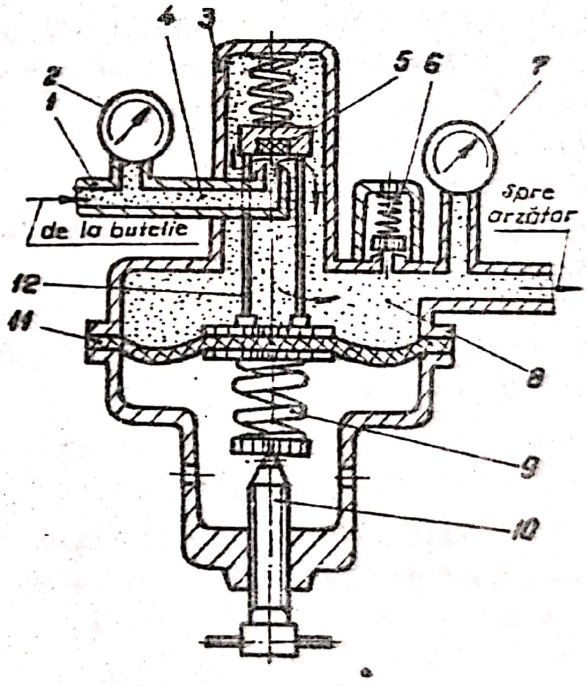


Fig.2.1o.- Reductor de presiune cu acţiune directă cu o treaptă de laminare.

După cum s-a arătat (fig.2.9), presiunea de lucru este menţinută automat la valoare constantă atunci cînd consumul de gaz în arzător variază. Din ecuaţia de echilibru dinamic al forţelor ce acţionează asupra supapei de laminare rezultă modul în care mecanismul reductorului realizează stabilizarea presiunii de lucru:

$$F_1 + P \cdot S_s = F_2 + p(S_s + S_m) \qquad (2.1)$$

în care : F_1 este forţa dezvoltată de arcul 9 [N];
F_2 - forţa dezvoltată de arcul 3 [N];
P - presiunea de alimentare $[N/m^2]$;
p - presiunea de lucru $[N/m^2]$;
S_s - suprafaţa activă a supapei de laminare $[m^2]$;
S_m - suprafaţa efectivă a membranei elastice, $[m^2]$.

In această egalitate membrul din stînga reprezintă suma forţelor ce tind să deschidă supapa, iar membrul din dreapta suma forţelor ce tind să închidă supapa. In relaţia 2.1, pentru simplificare, s-au considerat egale suprafeţele supapei pe care acţionează presiunile P şi p.

Considerînd cazul creşterii consumului de oxigen la arzător, atît pe furtunul de alimentare cît şi în camera de joasă presiune se va înregistra scăderea presiunii de lucru p, respectiv micşorarea membrului drept al egalităţii 2.1.

Revenirea la starea de echilibru necesită micşorarea membrului stîng care se poate realiza prin reducerea valorii forţei F_1, presiunea din butelie P rămînînd practic constantă. Reducerea presiunii de lucru, concretizată prin micşorarea forţei dată de termenul $p(S_s + S_m)$, permite destinderea arcului 9, respectiv micşorarea forţei F_1.

Ca urmare, furca 11 va ridica supapa mărind secţiunea de trecere a gazului şi, prin aceasta, restabileşte presiunea de lucru la valoarea iniţială, reglată.

2.5.1.2. Reductorul de presiune cu acţiune inversă cu o treaptă de laminare este prezentat în figura 2.11.

Poziţia în care este amplasată supapa de laminare 5, între cele două camere de presiune, 4 şi 8, diferenţiază constructiv acest tip de reductor de precedentul.

Oxigenul intrat prin conducta 1 în camera de înaltă presiune 4, trece, la ridicarea supapei 5, în camera de joasă presiune 8. Ca şi în cazul precedent, supapa este ridicată prin acţionarea şurubului de reglaj 10, ce comprimă arcul 9, deformează membrana elastică 11 şi deplasează cuiul 12.

Deoarece presiune P din camera de înaltă presiune acţionează în sensul blocării supapei, ecuaţia de echilibru dinamic va fi :

$$F_1 + p.S_s = F_2 + P.S_s + p.S_m \qquad (2.2)$$

Presiunea de lucru este menţinută constantă atunci cînd consumul de gaz variază, reductorul lucrînd identic cu cazul prezentat anterior (pct.2.5.1.1).

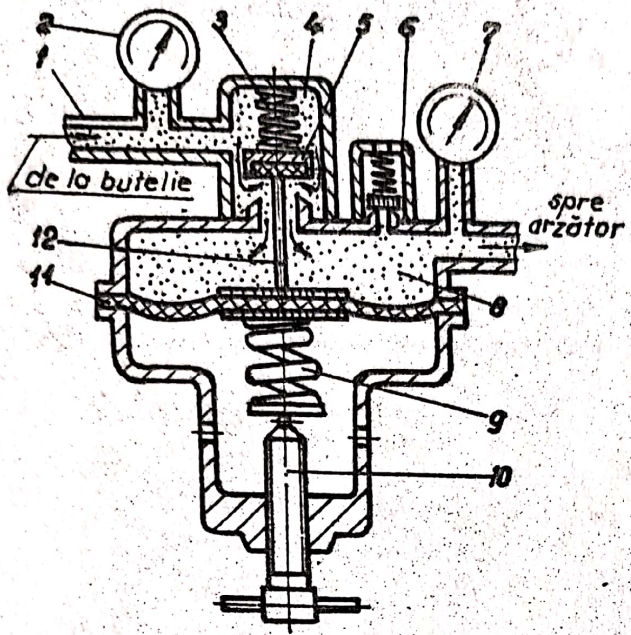


Fig.2.11.- Reductor de presiune cu acţiune inversă cu o treaptă de laminare.

2.5.1.3.Reductorul de presiune cu două trepte de laminare cu acţiune inversă (fig.2.12) este alcătuit din două reductoare, cu o treaptă de reducere, montate în serie.

După prima treaptă de laminare presiunea oxigenului este redusă de la valoarea presiunii de alimentare P, la presiunea

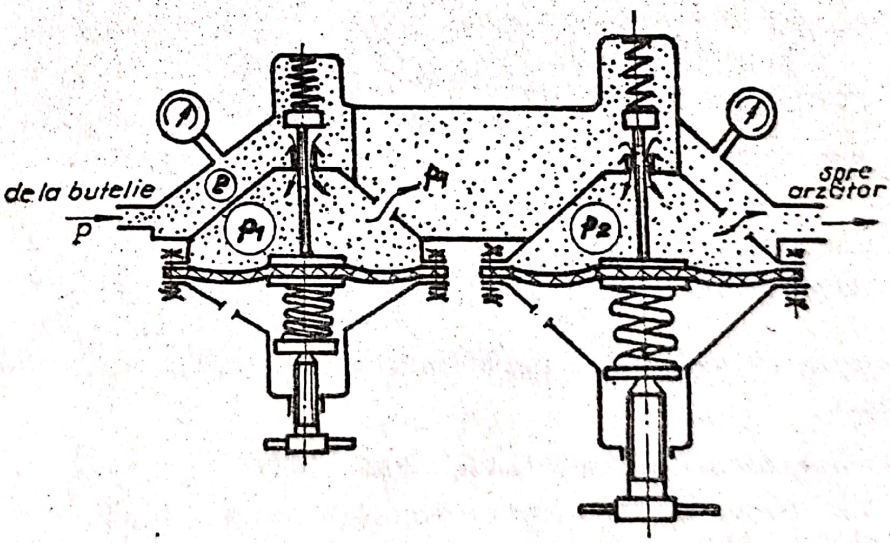


Fig.2.12.Reductor de presiune cu acţiune inversă cu două trepte de reducere.

p_1 = 1...3 MPa. Reglarea la această valoare este efectuată de producător, în funcţie de destinaţia reductorului, după care şurubu de reglaj se sigilează.

A doua treaptă este reglată de sudor la presiunea de lucru dorită p_2.

Principalul avantaj al utilizării reductorului cu două trepte de laminare constă în menţinerea presiunii de lucru la valoarea reglată pe măsura scăderii presiunii din butelie. Variaţia presiunii de lucru p, în funcţie de scăderea presiunii din butelie P, depinde de tipul reductorului. Din relaţiile (2.1) şi (2.2) rezultă următoarele expresii ale presiunii de lucru:

- pentru reductorul cu acţiune directă cu o treaptă de laminare :

$$p = \frac{F_1 - F_2 + P \cdot S_s}{S_s + S_m} \qquad (2.3)$$

- pentru reductorul cu acţiune inversă cu o treaptă de laminare :

$$p = \frac{F_1 - F_2 - P \cdot S_s}{S_m - S_v} \qquad (2.4)$$

Conform acestor relaţii rezultă că: în cazul reductorului cu acţiune directă presiunea de lucru scade pe măsura scăderii presiunii oxigenului din butelie; la reductorul cu acţiune inversă presiunea de lucru va creşte. In figura 2.13 sînt reprezentate curbele p = f(P) trasate experimental pentru cele trei tipuri de reductoare: curba 1 - reductorul cu acţiune directă; curba 2 - reductorul cu acţiune inversă; curba 3 - reductorul cu două trepte de laminare.

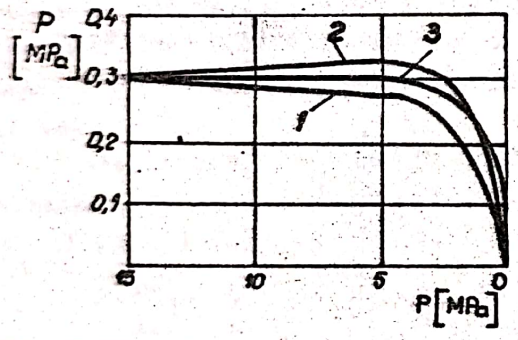


Fig.2.13.- Curbele p = f(P) pentru reductoarele de presiune

Deoarece scăderea presiunii de lucru împiedică funcţionarea normală a arzătorului, în prezent, s-a renunţat la utilizarea reductoarelor cu acţiune directă pentru oxigen.

2.5.2. <u>Elemente de calcul şi proiectare</u>

Reductorul de presiune se proiectează în scopul asigurării unui debit de oxigen la o anumită presiune - presiunea de lucru - necesare realizării combustiei. Debitul şi presiunea depind de dimensiunile arzătorului (sau gamei de arzătoare) folosit, respectiv de operaţiile executate: sudare, debitare, metalizare, etc.

Debitul de gaz ce trece printr-un ajutaj este dat de relaţia:

$$G = \mu A \sqrt{\frac{2g.K}{K-1}.P.\gamma_0\left[\left(\frac{p}{P}\right)^{2/K} - \left(\frac{p}{P}\right)^{K+1/K}\right]} \quad , \quad [daN/s] \qquad (2.5)$$

unde :

G este debitul gravimetric, [daN/s] ;

μ - coeficientul de curgere ;

g - acceleraţia gravitaţională $[m/s^2]$;

P - presiunea absolută a gazului la intrarea în ajutaj $\left[\frac{daN}{mm^2}\right]$;

γ_0 - greutatea specifică a gazului la intrarea în ajutaj $\left[\frac{daN}{mm^3}\right]$;

p - presiunea absolută a gazului la ieşirea din ajutaj $\left[\frac{daN}{mm^2}\right]$;

K - exponent adiabatic: K = 1,40 pentru oxigen.

Din relaţia 2.5 rezultă că debitul prezintă un maxim pentru o anumită valoare a raportului p/P. Anulînd derivata parantezei pătratice se obţine :

$$\frac{d\left[\left(\frac{p}{P}\right)^{2/K} - \left(\frac{p}{P}\right)^{K+1/K}\right]}{d\left(\frac{p}{P}\right)} = \frac{2}{K}\left(\frac{p}{P}\right)^{2-K/k} - \frac{K+1}{K}\left(\frac{p}{P}\right)^{1/K} = 0$$

de unde rezultă :

$$\left(\frac{p}{P}\right)_{cr} = \left(\frac{2}{K+1}\right)^{K/K-1} \qquad (2.6)$$

Valoarea raportului pentru care debitul de gaz este maxim se numeşte raport critic. Inlocuind în relaţia (2.5) raportul presiunilor cu valoarea raportului critic (rel.2.6) se obţine debitul maxim numit şi debit critic G_{cr}:

$$G_{cr} = \mu A\left(\frac{2}{K+1}\right)^{1/K-1}\sqrt{\frac{2gK}{K+1}.P.\gamma_0} \qquad (2.7)$$

Variaţia debitului în funcţie de raportul presiunilor p/P, determinată experimental, este dată în figura 2.14.
Pentru K = 1,40 din relaţia 2.6, rezultă :

$$\left(\frac{p}{P}\right)_{cr} = 0{,}528 \qquad (2.8)$$

In funcţie de raportul presiunilor se întîlnesc două situaţii:

- pentru $0{,}528 < \left(\frac{p}{P}\right) < 1$, curgerea are loc în regim subcritic şi debitul depinde de acest raport, scăzînd cu creşterea raportului;
- pentru $0 < \left(\frac{p}{P}\right) < 0{,}528$ curgerea are loc în regim supracritic şi debitul de gaz rămîne constant pe tot domeniul de valori ale raportului presiunilor.

Reductorul de presiune montat la butelia de oxigen funcţionează majoritatea timpului în regim supracritic astfel că pentru dimensionarea ajutajului se foloseşte relaţia 2.7. Inlocuind $g = 9,81\ m/s^2$, $K = 1,40$, $T_0 = p/RT_0$, $R = 29,27\ daNm/daNgrad$, $T_0 = 293\ K$ se obţine :

$$G_{cr} = 0,023\ \mu A \cdot P \left[\frac{daN}{s}\right] \qquad (2.9)$$

Debitul de oxigen depinde de secţiunea A,a ajutajului de curgere a gazului.

Conform schiţei din figura 2.15,în funcţie de înălţimea de ridicare a suprafeţei h,se pot obţine diferite valori ale debitului.

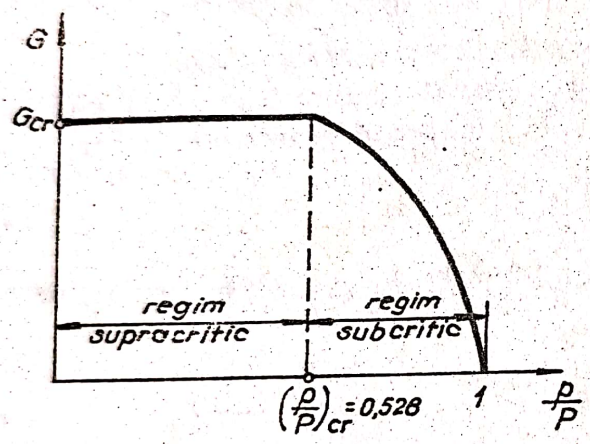


Fig.2.14.- Variaţia debitului G,în funcţie de raportul presiunilor p/P

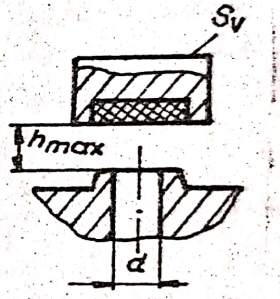


Fig.2.15.- Poziţia supapei la debit maxim

Secţiunea la deschiderea maximă a supapei trebuie să fie cel puţin egală cu secţiunea canalului dintre cele două camere, adică;

$$\pi d h_{max} = \frac{\pi d^2}{4} \qquad (2.10)$$

de unde rezultă:

$$h_{max} = \frac{d}{4} \qquad (2.11)$$

Pentru determinarea diametrului d, respectiv a înălţimii h_{max},se va considera debitul necesar G_{nec} în cazul în care presiunea de alimentare a scăzut la valoarea raportului critic P_{min}. Din relaţia (2.9) rezultă :

$$d.h_{max} = \frac{G_{nec}}{\pi \cdot 0,023\ \mu P_{min}} \left[m^2\right] \qquad (2.12)$$

înlocuind $h_{max} = \frac{d}{4}$ rezultă:

$$d = \sqrt{\frac{4G_{nec}}{0,023 \cdot \mu \cdot P_{min} \cdot \pi}} \quad [m] \qquad (2.13)$$

Dimensiunile supapei şi ale membranei elastice se aleg constructiv în funcţie de diametrul d conform relaţiilor:

$$S_v = 1,2 \frac{\pi d^2}{4} \quad [m^2] \qquad (2.14)$$

$$S_m = (18...20)d \quad [m^2] \qquad (2.15)$$

în care :

S_v este suprafaţa supapei;

S_m - suprafaţa membranei elastice.

Calculul forţei F_2, necesară dimensionării arcului 3 (fig. 2.9 şi 2.10), ce fixează supapa pe scaun, se realizează pentru cele două tipuri de reductoare astfel:

- în cazul reductorului cu acţiune inversă, deoarece presiunea din camera de înaltă presiune acţionează în sensul fixarii suprafeţei pe scaun, arcul se poate dimensiona constructiv alegînd drept criteriu evitarea deteriorării materialului plastic al supapei (fibră Vulcan). Deci :

$$F_2 < p_{as} \cdot S_{av} - P \cdot S_v \qquad (2.16)$$

în care

p_{as} - presiunea admisibilă la strivire a materialului supapei;

S_{av} - suprafaţa de etanşare a supapei;

S_v - suprafaţa activă a supapei;

P - presiunea de lucru;

- în cazul reductorului cu acţiune directă ;

$$F_2 > P \cdot S_v \qquad (2.17)$$

Pentru dimensionarea arcului 9, cu ajutorul căruia se reglează presiune de lucru, se folosesc relaţiile 2.1 şi 2.2 de echilibru dinamic. In cazul reductorului cu acţiune inversă, considerînd presiunile absolute şi supapa ridicată la înălţimea h_{max} corespunzătoare obţinerii lui G_{nec} rezultă:

$$p_a \cdot S_m + p_{max} \cdot S_s + F_{1\,max} = F_2 + C_2 \cdot h_{max} + P \cdot S_s + p_{max} \cdot S_m \qquad (2.18)$$

în care :

p_a este presiunea atmosferică;

p_{max} - presiunea de lucru la h_{max} ;

p - presiunea de alimentare;

C_2 - constanta arcului 3 dimensionat cu relaţia 2.17;

Deci, forţa din arcul 9 va fi :

$$F_{1\ max}=F_2+C_2 \cdot h_{max}+P \cdot S_s+ p_{max}(S_m-S_s)-p_a \cdot S_m \qquad (2.19)$$

Coeficientul de curgere μ depinde de raportul h/d.

Pentru $h/d \approx 0,20 - 0,25$ $\mu = 0,70...0,80$.

2.5.2.1.Precizia de execuţie a pieselor componente ale reductorului şi dimensiunile adoptate prin aplicarea relaţiilor constructive determină o serie de caracteristici funcţionale dintre care mai importante sînt :

1 - sensibilitatea de reglaj;

2 - variaţia de presiune la oprirea consumului;

3 - limita de reducere;

1. Sensibilitatea de reglaj reprezintă caracteristica funcţională definită prin variaţia presiunii de lucru corespunzătoare unei rotiri cu 90° a şurubului de reglaj.

Sensibilitatea de reglaj depinde de: pasul şurubului de reglaj; suprafaţa efectivă a membranei elastice; constanta arcului 3 care fixează supapa.

2. Variaţia de presiune la oprirea consumului reprezintă diferenţa dintre presiunea p_1, din camera de joasă presiune, înregistrată în momentul întreruperii curgerii gazului prin supapa de laminare datorită încetării consumului şi, presiunea de lucru p, la care a fost reglat reductorul. Variaţia relativă de presiune la oprirea consumului Δp este dată de relaţia:

$$\Delta p = \frac{p_1 - p}{p} \cdot 100 \qquad (2.20)$$

Este de dorit ca variaţia de presiune să aibă valori cît mai reduse. La reductorul cu acţiune inversă, deoarece gazul din camera de înaltă presiune acţionează în sensul închiderăă supapei, variaţia relativă de presiune este mai mică decît la reductorul cu acţiune directă.

Variaţia relativă de presiune poate fi micşorată prin creşterea preciziei de execuţie a scaunului supapei.

3. Limita de reducere reprezintă valoarea presiunii gazului din butelie corespunzătoare atingerii raportului critic, P_{min}:

$$P_{min} = \frac{p}{0,528} \qquad (2.21)$$

Compensarea scăderii de presiune prin ridicarea supapei de laminare nu este posibilă.

CAPITOLUL 3

GAZE COMBUSTIBILE

3.1. Proprietăţi şi metode de obţinere

Sudarea cu flacără foloseşte drept gaze combustibile hidrogenul (H_2) şi hidrocarburile: acetilenă (C_2H_2); gaz metan (CH_4); propan tehnic (C_3H_8); butan tehnic (C_4H_{10}); amestec propan-butan (85% C_3H_8; 12% C_4H_{10}; 3% C_2H_6); vapori de benzină, petrol, benzen (C_6H_6); metilacetilena-propadiena (gaz MAPP).

In tabelul 3.1 sînt prezentate caracteristicile şi domeniile de utilizare specifice fiecărui gaz, domenii determinate de: temperatura de ardere în oxigen; puterea calorifică; metoda de obţinere; posibilităţile de stocare şi transport la punctul de lucru; costul operaţiei executate.

Cel mai frecvent utilizate, dintre gazele prezentate, se pot enumera în ordine : acetilena, gazul metan, amestecul propan-butan (gaze petroliere lichefiate),gazul MAPP.

3.1.1. Hidrogenul a fost primul gaz combustibil utilizat la sudare. Industrial, hidrogenul se obţine prin electroliza apei (cap.2.1) cu consum ridicat de energie: 12-15 Kwh pentru 1 m^3 de oxigen şi 2m^3 hidrogen.

La 293,15 K şi o,1 MPa, hidrogenul este un gaz incolor, inodor, netoxic.

Hidrogenul se livrează îmbuteliat, la 15 MPa, în butelii de oţel,identice ca formă şi dimensiuni cu buteliile folosite pentru oxigen. Buteliile sînt vopsite în roşu închis cu inscripţia HIDROGEN de culoare neagră.

3.1.2. Metanul (CH_4) este conţinut în gazele naturale în proporţie de 94-99%.

La 293,15 K şi o,1 MPa metanul este un gaz incolor,cu miros specific, fiind toxic dacă este inhalat în cantităţi mari.

Amestecul aer-metan este exploziv cînd metanul este prezent în limitele 6-15% volumice.

Gazul metan se transportă prin conducte (la presiune redusă) şi îmbuteliat în butelii de oţel la 15 MPa.

Deoarece costul este scăzut comparativ cu al altor gaze

Tabelul 3.1

Gazul	Acetilena C_2H_2	Hidrogen H_2	Propan C_3H_8	Butan C_4H_{10}	Amestec propan-butan	Metan CH_4	Benzină C_6H_{12}
Densitatea la 293 K și 0,1 MPa (abs), kg/m^3	1,09	0,084	1,88	2,52	1,92	0,72	0,7o-o,76kg/dm^3
Puterea calorifică la 293 K și 0,1 MPa(abs), KJ/m^3	528oo	1o1oo	872oo	116500	93ooo	356oo	427oo-443oo
Temperatura flăcării în oxigen, K	342o	237o	297o-327o	277o-287o	287o-317o	227o-247o	277o-287o
Coeficient de înlocuire a acetilenei la debitare	-	5,2	o,6	o,5	o,6	1,6-1,8	1,2 kg/m^3
Raportul dintre oxigen și gazul combust.în amestec:							
- pentru arderea completă(teoretic)	2,5	o,5	5,o	6,5	-	-	2,6o m^3/kg
- în arzător	1 - 1,3	o,25-o,4	3,o-3,5	-	3,o-3,5	1,5-1,6	1,1-1,4 m^3/kg
Metodă de stocare și transport	Imbuteliată la 1,9 MPa; prin conducte de la stații de acetilenă;generatoare de acetilenă.	Imbuteliat la 15 MPa.	Imbuteliat; prin conducte.	Imbuteliat; prin conducte.	Imbuteliat în stare lichefiată.	Imbuteliat la 15 MPa; prin conducte.	In stare lichidă, în recipienți.
Domenii de utilizare	Toate procesele de prelucrare cu flacără	Tăiere,lipire,călire sudarea alamă și aluminiu	Tăiere,lipire,călire, metalizare, sudare oțel g<6 mm	Idem	Idem	Tăiere,lipire călire,sudare, oțel(g<5 mm)	Tăiere

(acetilena spre exemplu) în ultimul timp este tot mai des utilizat la debitare şi la sudarea tablelor subţiri.

3.1.3. Propanul şi butanul se găsesc în ţiţei, în gazele asociate ţiţeiului şi în gaze de zăcămînt propriu.

La 283,15 K propanul se lichefiază la presiunea de o,78 MPa iar butanul la o,15 MPa.

Propanul, butanul şi amestecul propan-butan,datorită presiunii reduse de lichefiere,se depozitează şi transportă în butelii uşoare,sudate, cu pereţi subţiri. Lichefierea se produce în timpul încărcării buteliilor. Revenirea în stare gazoasă se realizează cu ajutorul unui reductor de presiune racordat la butelie.

Amestecul propan-butan este utilizat la sudarea metalelor uşor fuzibile şi la tăiere. Viteza de tăiere este cu 6-8 % mai redusă decît viteza de tăiere oxi-acetilenică.

3.1.4. Benzina, petrolul şi benzenul se utilizează sub formă de vapori la sudarea metalelor uşor fuzibilile şi la debitare.

Temperaturile de ardere în oxigen sînt: 282o K - pentru benzină; 274o K - pentru petrol; 273o K - pentru benzen.

Utilizarea lor este limitată de construcţia relativ complicată a arzătoarelor folosite (arzătoare cu flacără de preîncălzire pentru vaporizare) şi de productivitatea scăzută.

3.1.5. Metilacetilena - propadiena este cunoscută şi sub denumirea de gaz MAPP. Gazul combustibil este constituit din vapori ai acestor gaze lichefiate, obţinute cu ajutorul unor stabilizatori termodinamici.

Acest gaz are temperatura de ardere în oxigen mult mai mare decît a gazelor prezentate anterior,apropiată de a acetilenei.

Gazul poate fi înmagazinat, transportat şi manipulat ca şi propanul.

Caracteristici	Acetilenă	MAPP	Propan
Temperatura maximă a flăcării în oxigen, K	335o	32oo	29oo
Limitele de explozie în amestec cu aerul, %	2,5 - 8o	3,4 - 1o,8	2,3 - 9,5
Limitele de explozie în amestec cu oxigenul, %	3 - 98	2,5 - 6o	2,4 - 57

Din tabelul de mai sus se remarcă limitele reduse în care explodează în amestec cu aerul şi oxigenul.

Temperatura ridicată a flăcării, posibilităţile avantajoase de îmbuteliere şi transport precum şi siguranţa în exploatare constituie criteriile pentru care acest gaz este utilizat tot mai frecvent

3.1.6. Acetilena este, în prezent, cel mai utilizat gaz combustibil.

Formula structurală a acetilenei este H - C ≡ C - H şi ea reprezintă primul termen din seria hidrocarburilor ce au formula generală C_nH_{2n-2}.

La 293,15 K şi o,1 MPa acetilena tehnică este un gaz incolor, cu miros iritant (datorită impurităţilor), toxic.

Acetilena are următoarele caracteristici fizice :

masa moleculară 32
masa 1 m^3 la 273,15 K şi o,1 MPa (abs),kg 1,173
masa 1 m^3 la 293,15 K şi o,1 MPa (abs),kg 1,o9o
temperatura critică, K 3o8,18
presiunea critică, MPa 5,99
temperatura de fierbere la o,1 MPa (abs),K 189,4
temperatura de solidificare(fierbere)la o,1 MPa(abs),K. . . 191,2

Acetilena este solubilă în apă, care dizolvă la o,1 MPa un volum egal de gaz şi în acetonă care,la 283 K şi o,1 MPa,dizolvă 25 dm^3/dm^3.

La 293,15 K şi o,1 MPa acetilena arde liniştit,cu o flacără luminoasă.

Presiunea şi temperatura determină apariţia a două fenomene deosebit de importante legate de producerea,depozitarea şi exploatarea gazului: polimerizarea şi disocierea explozivă.

Acetilena polimerizează conform reacţiei $nC_2H_2 \longrightarrow C_{2n}H_{2n}$, reacţie însoţită de degajare de căldură. Fenomenele de polimerizare sînt stimulate de creşterea temperaturii,reacţia fiind amorsată la valori ce depăşesc 38o K.

După cum s-a arătat,în condiţii normale.acetilena arde. Dacă însă,este comprimată la presiuni ce depăşesc o,3 MPa (abs),în prezenţa unei scîntei,acetilena disociază exploziv.

Conform graficului din figura 3.1,în care sînt prezentate domeniile de polimerizare şi disociere explozivă în coordonate temperatură-presiune, disocierea este stimulată şi de creşterea temperaturii.

Deoarece polimerizarea este o reacţie exotermă ce stimulează disocierea explozivă, se limitează presiunea de stocare a gazului în recipienţi la o,15 MPa.

Amestecul acetilenă-aer explodează dacă acetilena este prezentă în limitele 3-65 % volumice, iar amestecul acetilenă-oxigen în limitele 3-93 %. Pericolul de explozie se reduce dacă în acetilenă se introduce: H_2, CH_4, N_2, vapori de apă.

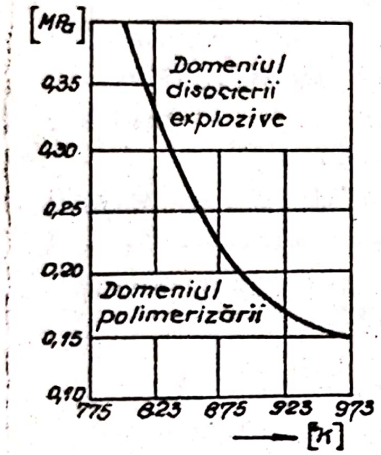


Fig.3.1.-Domeniile polimerizării şi disocierii explozive a acetilenei

Industrial acetilena se obţine prin disocierea carburii de calciu CaC_2(carbid) în apă conform reacţiei :

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2 + 127,3 \text{ KJ/mol} \qquad (3.1)$$

64,10 + 36,032 = 26,036 + 74,096

Din ecuaţia bilanţului material rezultă că prin descompunerea 1 kg de CaC_2(cu puritatea 100 %), la 293,15 K şi 0,1 MPa, vor rezulta :

$$\frac{26,036}{64,10} = 0,406 \text{ kg } C_2H_2 \text{ respectiv}$$

$$\frac{0,409}{1,09} = 0,3725 \text{ m}^3 C_2H_2$$

unde 1,09 este densitatea acetilenei la 293,15 K.

Pentru descompunerea 1 kg CaC_2 sînt necesari :

$$\frac{36,032}{64,10} = 0,562 \text{ kg apă.}$$

Cantitatea de hidroxid de calciu $Ca(OH)_2$(var stins) rezultată este:

$$\frac{74,096}{64,10} = 1,156 \text{ kg } Ca(OH)_2$$

Cantitatea de căldură degajată la descompunerea 1 kg CaC_2 este

$$\frac{127,3.10^3}{64,10} = 1986 \text{ KJ/kg}$$

3.1.6.1. Carbura de calciu tehnică (carbidul) este o substanţă cristalină, de culoare brună-cenuşie, cu masa specifică 2,8 kg/dm^3.

Fiind puternic higroscopică, carbura de calciu se descompune în prezenţa vaporilor de apă din atmosferă conform reaţiei 3.1.

Carbidul este un compus chimic al carbonului şi se obţine prin combinarea oxidului de calciu CaO (var nestins) cu cărbunele (cocs, antracit, mangal). Cele două substanţe, sfărîmate şi amestecate, sînt topite la 2300-2600 K în cuptoare electrice rezultînd CaC_2 conform reacţiei :

$$CaO + 3C \longrightarrow CaC_2 + CO \longrightarrow 452,5 \text{ KJ/mol} \qquad (3.2)$$

Pentru obţinerea unei tone de carbid se folosesc: 900-950 kg var nestins, 600 kg cocs sau antracit, consumîndu-se o cantitate de

energie electrică de $1.10^7 - 1,4.10^7$ KJ.

Masa fluidă de carbid, după solidificare, este concasată şi sortată prin cernere după dimensiunile bulgărilor.

In tabelul 3.2 sînt prezentate tipurile granulometrice conform STAS 102-73 şi volumul de acetilenă rezultat prin descompunerea 1 kg CaC_2:

Tabelul 3.2

Tip granulometric	0	I	II	III	IV	V	VI
Dimensiunea granulelor, mm	110-80	80-50	50-25	20-15	15-7	7-4	4-2
Volum C_2H_2, dm^3/kg	320	280	270	260	250	235	230

Din tabelul 3.2 se observă că: volumul de acetilenă rezultat prin descompunerea 1kg CaC_2 este mai mic decît cel rezultat din calcul; volumul de acetilenă depinde de granulaţie.

Carbura de calciu tehnică (carbidul) fiind preparată din substanţe ce nu sînt chimic pure, conţine: 70-75 %CaC_2; 17-24 % CaO; sulfat de calciu CaS; fosfat de calciu Ca_3P_2; siliciu; ferosiliciu; cărbune; etc., astfel că volumul de acetilenă real este mai mic decît volumul teoretic.

Volumul de acetilenă scade cu dimensiunile granulelor deoarece, după cum s-a menţionat, substanţa fiind higroscopică se descompune în aer, iar particulele de dimensiuni reduse oferă suprafeţe mai mari de reacţie. Carbidul se depozitează în recipienţi din tablă ermetic închişi.

3.2. Instalaţii pentru producerea acetilenei

3.2.1. Caracteristicile reacţiei de obţinere a acetilenei tehnice.

Generatoarele de acetilenă sînt instalaţiile în care se obţine acetilena în urma reacţiei dintre carbid şi apă.

Această reacţie prezintă o serie de caracteristici ce determină proiectarea, construcţia şi funcţionarea generatoarelor de acetilenă.

Contactul dintre carbid şi apă se poate realiza în trei moduri: 1-prin căderea carbidului în apă; 2-prin stropirea sau imersionarea cu apă a carbidului; 3-prin aducerea intermitentă în contact a carbidului cu apa.

In primul caz carbidul este complet descompus rezultînd ca reziduu nămolul de var ($Ca(OH)_2$) umed.

Al doilea mod de realizare a contactului prezintă două variante:

- în cazul stropirii carbidului, prin dozarea apei de reacţie, rezidul va fi hidroxidul de calciu anhidru (praf);
- imersionarea carbidului are drept rezultat acetilena şi nămolul de var umed;

Al treilea mod de realizare a reacţiei constă în stabilirea intermitentă a contactului carbid-apă, componenta mobilă fiind apa. Se obţin: acetilenă şi nămolul de var umed.

3.2.1.1.Volumul de acetilenă produs în unitatea de timp reprezintă viteza de reacţie. Viteza de reacţie depinde de:

- modul de realizare a contactului carbid-apă;
- granulaţia carbidului;
- temperatura apei de reacţie.

Conform figurii 3.2, rezultă că viteza de reacţie, exprimată în $dm^3/kg.min$, este maximă în prima perioadă a intervalului de timp în care se desfăşoară reacţia.

Odată cu scăderea granulaţiei se înregistrează creşterea vitezei de reacţie, deoarece se măreşte suprafaţa de contact carbid-apă.

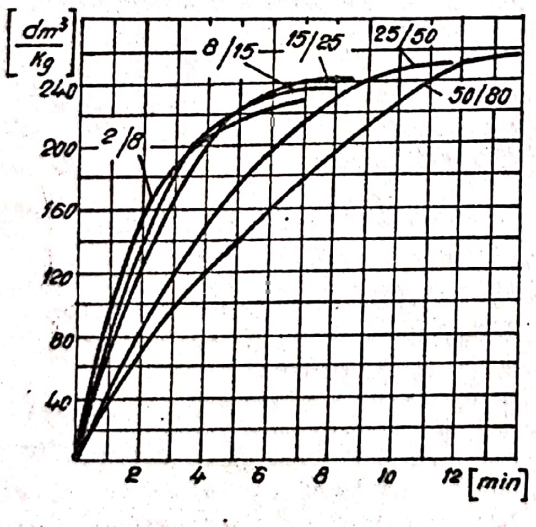


Fig.3.2.- Dependenţa dintre viteza de reacţie şi granulaţie

Scăderea vitezei de reacţie în a doua parte a intervalului de timp se datorează formării pe suprafaţa granulelor a unui strat de nămol de var.

In figura 3.3 este prezentată dependenţa dintre timpul necesar descompunerii carbidului de diferite granulaţii şi temperatura apei la începutul reacţiei.

Cu creşterea temperaturii apei se înregistrează reducerea duratei necesare descompunerii carbidului şi deci creşterea vitezei de reacţie.

Graficele prezentate în figura 3.2 şi 3.3 au fost trasate experimental pentru modul de realizare a reacţiei „carbid în apă".

In cazul stropirii carbidului,cînd rezultă hidroxid de calciu anhidru,viteza de reacţie poate fi controlată prin dozarea apei de reacţie. Volumul de gaz generat este direct proporţional cu cantitatea de apă ce stropeşte carbura.

La imersionarea carbidului alura graficului ce prezintă variaţia vitezei va fi va fi similară figurii 3.2, în momentul stabilirii contactului apă-carbid volumul de gaz generat în unitatea de timp va fi mare iar pe măsură ce se formează hidroxidul de calciu el va scădea. Această situaţie este valabilă şi pentru cazul reacţiei „prin contact intermitent".

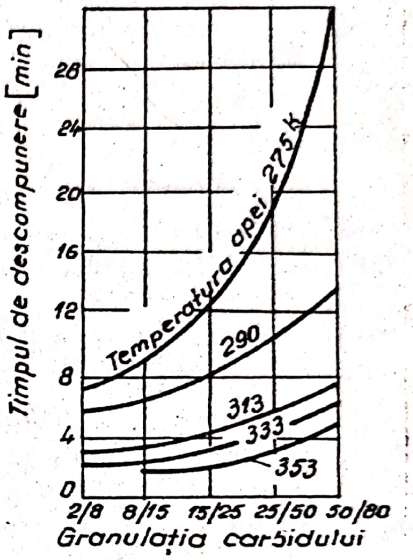


Fig.3.3.-Dependenţa duratei de descompunere de granulaţia carbidului şi temperatura apei

3.2.1.2.Impurităţile prezente în carbid (pct.3.1.6.1) constitue sursa ce determină apariţia în acetilena tehnică a hidrogenului sulfurat(0,08...1,5 % H_2S) şi hidrogenul fosforat (0,03...2 % H_3P).

Ambele gaze influenţează nefavorabil calitatea îmbinărilor sudate.

Principala impuritate a carburii tehnice o constitue oxidul de calciu (aproximativ 20%) care se descompune în apă,conform reacţiei:

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 63,23 \text{ KJ/mol} \qquad (33)$$

Cantitatea de căldură rezultată prin descompunerea 1 kg CaO este:

$$\frac{63,23 \cdot 10^3}{56,08} = 1127 \text{ KJ/kg CaO}$$

3.2.1.3. Reacţia de generare a acetilenei fiind puternic exotermă are ca efect încălzirea apei ce se vaporizează impurificînd astfel gazul obţinut. Prezenţa vaporilor de apă în acetilenă duce la scăderea puterii calorifice şi la oxidarea fierului în cazul sudării oţelurilor sau fontei:

$$3 Fe + 4 H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + 4H_2 \qquad (34)$$

3.2.2. Clasificarea şi construcţia generatoarelor

Proprietăţile fizico-chimice ale acetilenei şi caracteristicile reacţiei de obţinere impun îndeplinirea următoarelor condiţii tehnice generale în proiectarea şi construcţia generatoarelor:

- pentru a înlătura posibilitatea apariţiei fenomenelor de polimerizare şi disociere explozivă se limitează presiune maximă de lucru la o,15 MPa şi temperatura gazului la 383 K;

- deoarece amestecul aer-acetilenă este exploziv, generatorul trebuie să aibă posibilitatea evacuării aerului din interior înainte de utilizare; construcţia generatorului nu trebuie să permită scurgeri de gaz în mediul înconjurător şi nici aspiraţia aerului în generator;

- generatoarele de acetilenă trebuie să cuprindă următoarele ansambluri principale: 1-generator de gaz propriu-zis; 2-colector de gaz; 3-dispozitiv de siguranţă pentru evacuarea totală a excesului de gaze la depăşirea presiunii nominale; 4-filtru de gaz (pentru reţinerea impurităţilor);5-supapă hidraulică de siguranţă pentru acetilenă; 6-dispozitiv de golire a apei; 7-dispozitiv de reglare automată a cantităţii de acetilenă produsă,în funcţie de consum.

In schiţa din figura 3.4, ce prezintă o instalaţie de producere industrială a acetilenei,pot fi recunoscute subansamblurile precizate.

Reacţia de generare a acetilenei ce are loc în generatorul de gaz propriu-zis 1, se realizează prin căderea carbidului în apă. Incărcătura de carbid poate varia între 5o-2oo kg funcţie de gabaritul adoptat.

Presiunea gazului este dată de greutatea clopotului colectorului de gaz 2. Excesul de gaz este evacuat în atmosferă prin conducta dispozitivului 3. Cablul 6, ce leagă colectorul de gaz |de toba 9 prin intermediul roţilor de antrenare 8,asigură reglarea automată a cantităţii de acetilenă produsă,în funcţie de consum. Consumul de gaz are ca efect coborîrea colectorului,mişcare ce antrenează prin cablu tobele de alimentare,introducînd astfel o nouă cantitate de carbid în apa din generator.

Generatoarele se clasifică după următoarele criterii:

- felul instalaţiei: generatoare staţionare - destinate fabricilor de acetilenă; generatoare transportabile - destinate posturilor individuale de lucru;

- presiunea maximă a acetilenei: generatoare de joasă presiune (o,.35...o,2 bar); generatoare de presiune medie (o,2...1,5 bar); presiunea este dată în bar conform STAS 6306/3-82;

- sistemul de contact carbid-apă: generatoare "carbid în apă" generatoare "apă peste carbid"; generatoare "cu contact intermitent carbid-apă".

Parametrii funcţionali ai unui generator sînt: debitul nominal (m^3/h) la presiunea de lucru (bar); presiunea nominală, definită ca fiind presiunea maximă a gazului în generator; încărcătura şi granulaţia carbidului (masa de carbid ce se introduce în generator); volumul de apă pentru reacţie şi răcire.

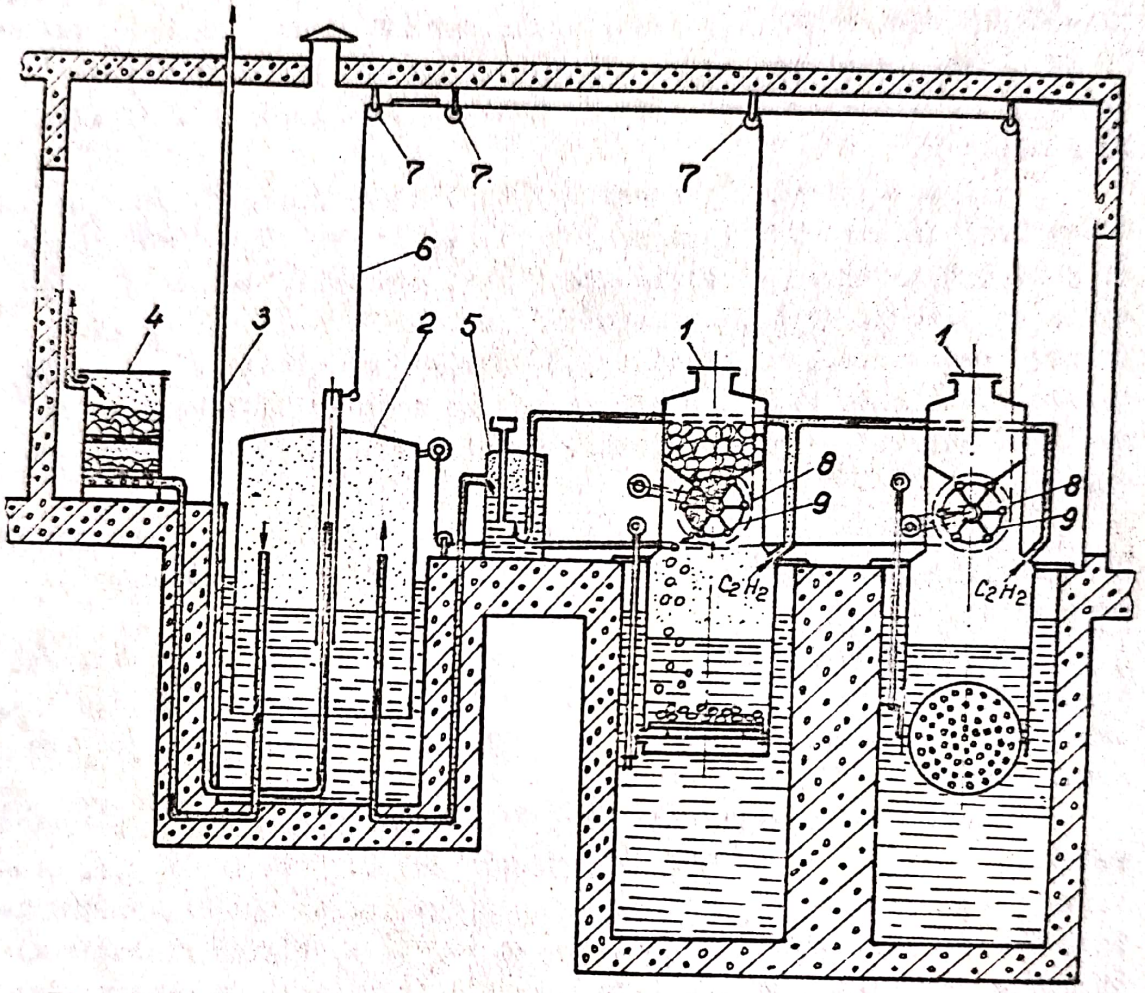


Fig.3.4.- Instalaţie de generare a acetilenei: 1-generator de acetilenă; 2-colector de gaz; 3-dispozitiv de evacuare a excesului de gaz; 4-filtru de gaz; 5-supapă hidraulică de siguranţă; 6-cablu; 7-rolă; 8-roată de antrenare; 9-tobă de alimentare cu carbid

O caracteristică importantă o reprezintă randamentul η_G, dat de relaţia

$$\eta_G = \frac{V_P}{V_T} \quad [\%] \qquad (3.5)$$

în care,

V_P este volumul de acetilenă produs din masa de carbid considerată;

V_T - volumul de acetilenă corespunzător masei de carbid considerate determinat conform tabelei 3.1.

Diferența dintre cele două volume ce determină randamentul, în sensul $V_p < V_T$, are drept cauze: descompunerea incompletă a carbidului în generator, masa nedescompusă fiind evacuată cu nămolul de var; pierderi de gaz prin dizolvare în apă și prin nestanșeități; conținut ridicat de impurități al carbidului; construcția generatorului.

3.2.2.1. Generatorul sistem „carbid în apă" se realizează în două variante: de joasă și medie presiune.

In figura 3.5 a, este prezentat un generator de joasă presiune: carbidul este încărcat în buncărul 2 și închis ermetic cu capacul 1.

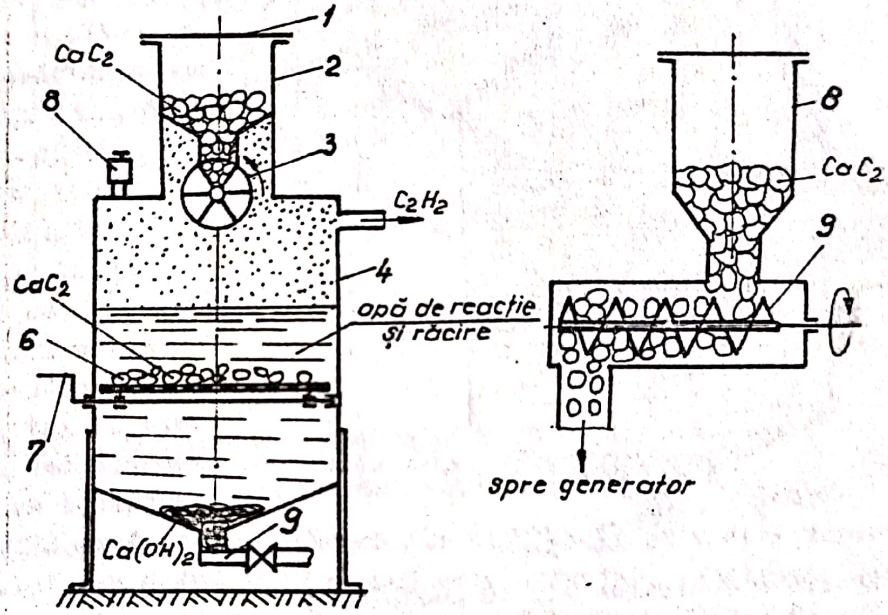


Fig.3.5.- Generator de joasă presiune sistem „carbid în apă"

Prin intermediul tobei de alimentare 3, carbidul cade în apa de reacție, pe grătarul 6. Gazul generat în urma reacției se acumulează în spațiul din corpul generatorului 4 și este trimis spre consumator. Nămolul de var rezultat poate fi eliminat, prin rotirea grătarului cu manivela 7 și apoi prin vana de golire 9.

In figura 3.5.b, este prezentat un dozator elicoidal ce poate înlocui sistemul de alimentare cu tobă: melcul 9, antrenat manual sau mecanic, alimentează generatorul cu carbid din buncărul 8.

Acest tip de generatoare sînt prevăzute cu supape de siguranță uscate (reperul 8 din fig.3.5 a).

In figura 3.6 este prezentat un generator de medie presiune. Alimentarea cu carbid din buncărul 6 este reglată automat de către

supapa 5. Supapa este fixată de membrana elastică 3 asupra căreia acţionează presiunea gazului din corpul generatorului 6.

Presiunea de lucru se reglează cu ajutorul şurubului de reglaj 1 ce comprimă arcul 2. Alimentarea cu carbid a buncărului se face prin gura obturată cu capacul etanş 4.

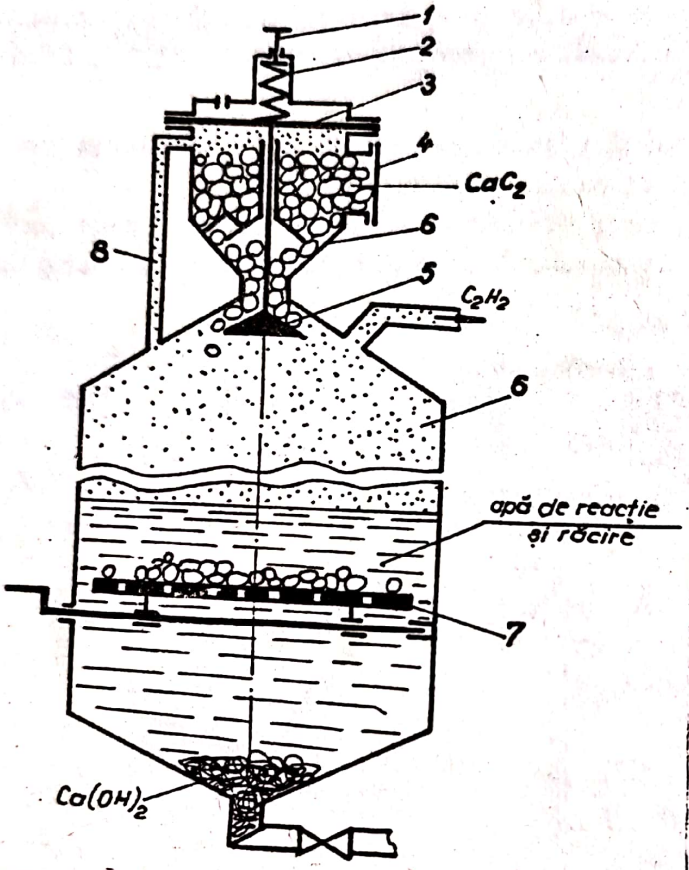


Fig.3.6.- Generator sistem „carbid în apă" de medie presiune

Construcţia corpului este identică cu cea a generatorului de joasă presiune, respectiv, se observă grătarul 7 pe care cade carbidul, grătar prin a cărui basculare nămolul de var este răsturnat spre evacuare.

Generatoarele sistem „carbid în apă" se fabrică sub formă de instalaţii staţionare, cu debite mari de gaz (peste $20 m^3/h$)

Randamentul este de 95-99% datorită volumului mare de apă care permite descompunerea întregii cantităţi de carbid. Gazul rezultat este curat şi bine răcit.

3.2.2.2. Generatoarele sistem „apă peste carbid" se fabrică în două variante:

- generatoare „umede"; la care apa imersionează carbidul iar rezidul obţinut este nămolul de var;
- generatoare „uscate"; la care apa stropeşte carbidul şi dozarea are ca efect obţinerea hidroxidului de calciu anhidru (sub formă de praf);

In figura 3.7 sînt prezentate două generatoare umede. Generatorul umed de joasăpresiune (fig.3.7 a) este format din corpul cilindric 1 împărţit în două compartimente, C 1 şi C 2, ce comunică prin conducta 2, şi retorta de reacţie 3.

Carbidul încărcat în sertarul 4 este introdus în retorta

închisă etanș.

La deschiderea robinetului 8,apa din compartimentul C 2 pătrunde în retortă, prin conducta 5,și astfel începe reacția de producere a acetilenei. Acetilena generată,trecînd prin conducta 6,se acumulează în compartimentul C 2 și,sub presiunea gazului, apa este refulată în compartimentul C 1.Alimentarea cu apă a retortei este

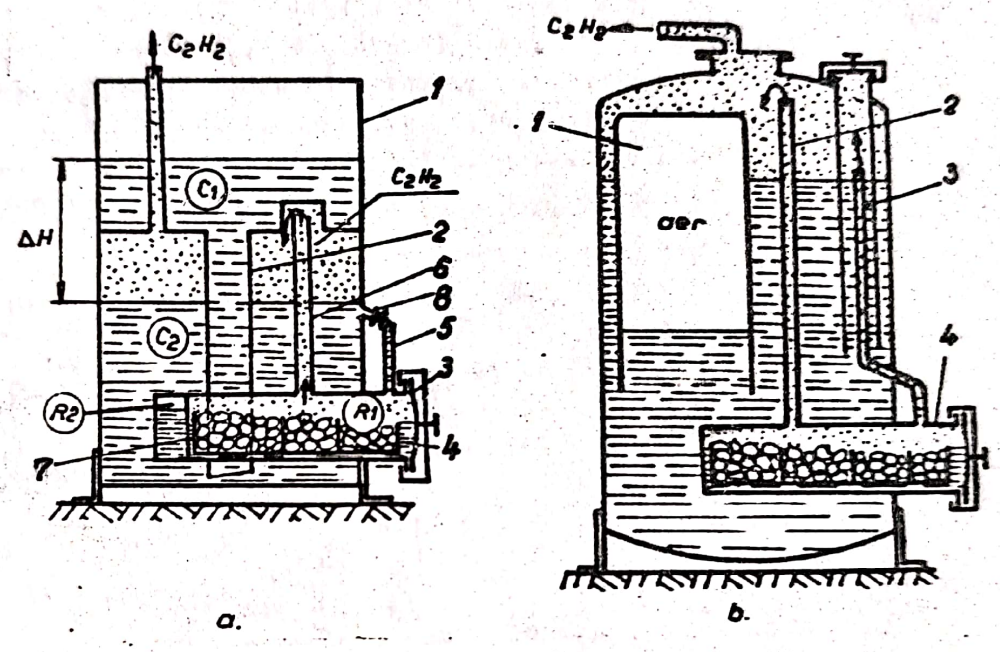


Fig.3.7.- Generatoare sistem „apă peste carbid" umed;
a - generator de joasă presiune;
b - generator de medie presiune

oprită cînd nivelul apei coboară sub nivelul la care este racordată conducta de alimentare 2 la corpul generatorului. Presiunea gazului acționează și asupra apei din retortă care este refulată din compartimentul R 1,în care se află sertarul de carbid, în compartimentul R 2, format din peretele 7.

Pe măsura consumării gazului din generator presiunea scade, apa din compartimentul R 2 pătrunde în R 1 inundînd sertarul ,i reacția reîncepe. Dacă presiunea a scăzut,sub valoarea corespunzătoare diferenței de nivel a apei Δ H,din cele două compartimente, apa din compartimentul C 2 se ridică pînă la nivelul conductei 5 și începe să pătrundă în retortă.

Presiunea de lucru a generatorului:230-250 mm coloană apă la un debit de 1,25 m^3/h. Uzual, generatoarele de acest tip sînt limitate la debite de maxim 10 m^3/h.

In figura 3.7 este prezentat un generator umed, de medie presiune. Alimentarea cu apă a retortei 4 se face prin conducta 3 iar acetilena rezultată se acumulează în corpul generatorului. Odată cu creşterea presiunii, apa este refulată în rezervorul 1 unde comprimă aerul existent şi,cînd nivelul coboară sub nivelul conductei 3,alimentarea retortei este întreruptă.

Presiunea de lucru este limitată la o,15 MPa.

Fabricarea generatoarelor umede (a generatoarelor de acetilenă în general) cunoaşte o mare varietate constructivă. Rezervorul de acumulare a gazului (gazometrul) este constituit în cazul generatoarelor umede, figura 38.a şi figura 38.b,dintr-un clopot 1 ce

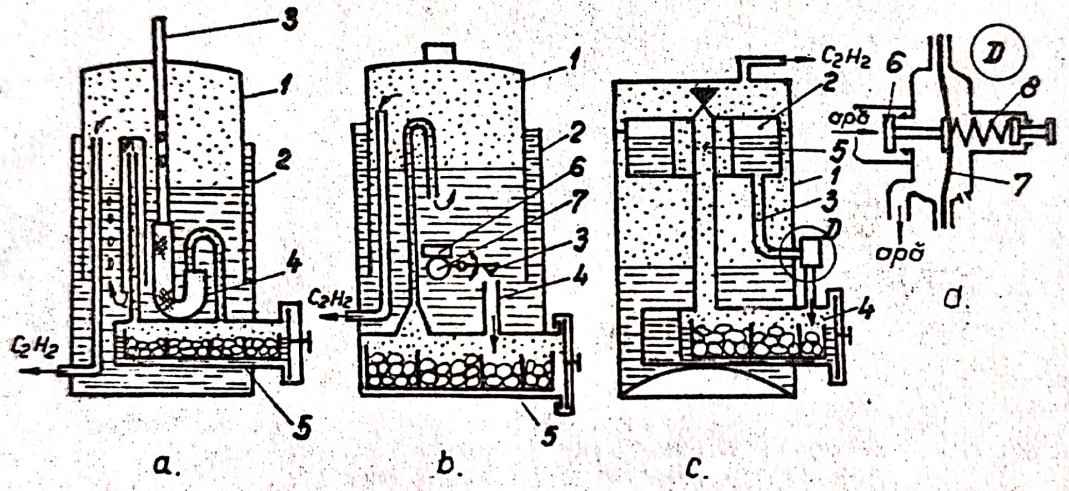


Fig.3.8.- Tipuri constructive de generatoare umede

se ridică în corpul 2 pe măsura generării acetilenei.Apa de răcire din generator asigură etanşarea. Aceste două generatoare diferă după sistemele de alimentare cu apă a retortei:

- în cazul generatorului din figura 38.a, apa pătrunde prin orificiile ţevii 3, fixată de clopot şi racordată la retortă cu furtunul 4. Acumularea de gaz duce la creşterea presiunii şi clopotul se ridică oprind alimentarea cu apă;

- dozarea apei de reacţie la generatorul din figura 38 b este realizată de către supapa 3. Supapa este fixată pe o tijă,prevăzută la capătul opus cu un plutitor 7. Tija se poate roti în jurul unui punct fix,conform săgeţii din desen, independent de clopot. Plăcuţa 6, solidară cu clopotul, acţionează plutitorul şi respectiv supapa, care va deschide sau obtura admisia apei prin conducta 4 spre retortă.

La generatorul din figura 3.8.c,alimentarea cu apă a retortei este realizată de regulatorul, prezentat în detaliul D. In corpul 1 al generatorului este fixat, la partea superioară, rezervorul de apă 2 legat prin conducta 3 de retorta 4. Pe conductă se află montat regulatorul pentru alimentare cu apă. Acetilena formată în retortă trece în corpul generatorului prin conducta 5 prevăzută cu o supapă de sens.

Cînd presiunea în corpul generatorului nu depăşeşte o anumită valoare, supapa 6 şi membrana 7 sînt deplasate de arcul 8 spre stînga iar apa poate intra în retortă. Cînd însă presiunea în retortă şi în generator creşte, gazul comprimă membrana şi respectiv arcul 8 şi închide accesul apei în retortă.

La generatorul sistem „apă peste carbid" uscat, reacţia de descompunere a carbidului se produce în urma stropirii acestuia cu un jet de apă. Carbidul este depozitat în buncărul 3 închis etanş. Transportorul cu melc 2 dozează carbidul ce cade pe sita 3,din corpul generatorului. Prin conducta 2 este trimisă apa de reacţie ce stropeşte carbidul. In timpul reacţiei sita se află în mişcare de rotaţie, antrenată de un motor electric. Acelaşi motor acţionează melcul de alimentare 2 şi pe cel de evacuare 5 a prafului rezultat ca reziduu.

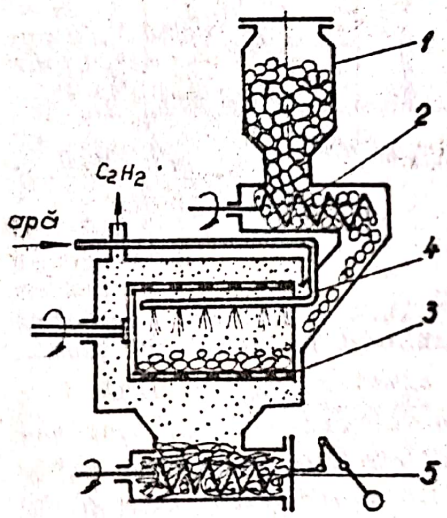


Fig.3.9.- Generator „apă peste carbid" uscat

Gazul rezultat,antrenează o mare cantitate de vapori de apă deoarece eacţia se desfăşoară în lipsa apei de răcire. Temperatura maximă n spaţiul de gazificare este limitată la 48o k (conform STAS 3o6/2-8o).

3.2.2.3. Generatoarele „cu contact intermitent" se construesc în ambele variante: joasă şi medie presiune.

Generatorul GA-125o (fig.3.1o), produs de intreprinderea Ceahlăul"-Piatra Neamţ, este un generator „cu contact intermitent" rin refularea apei,transportabil,de joasă presiune.

Coşul pentru încărcarea carbidului 3 şi vasul pentru nămolul var 4, formează un ansamblu. Acest ansamblu se fixează de clotul pentru acumularea gazului 2 cu ajutorul urechilor 5.

După încărcarea corpului 1,al generatorului,cu apă,clopotul şi coşul de carbid sînt introduse în generator şi începe producerea acetilenei. Clopotul este fixat de corpul generatorului.

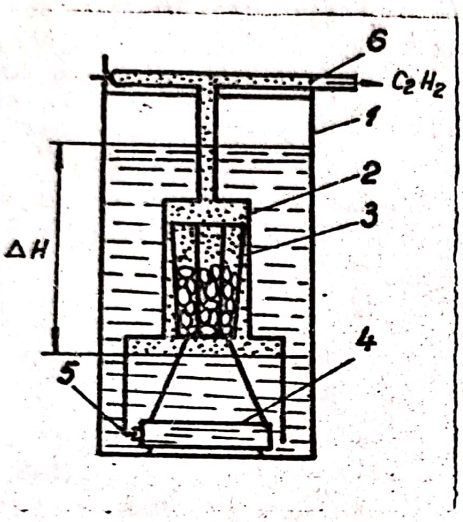


Fig.3.10.- Generator cu„contact intermitent"prin refularea apei, de joasă presiune.

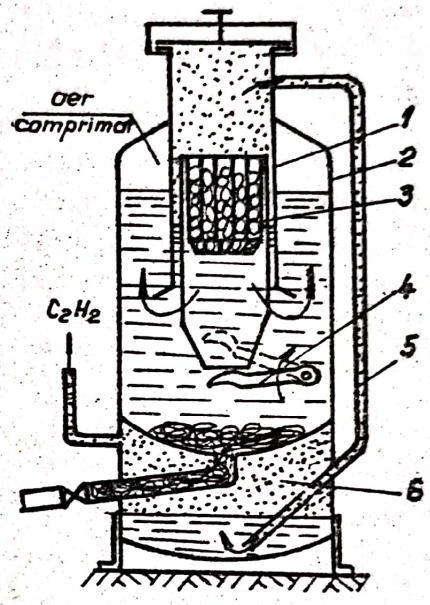


Fig.3.11.- Generator cu„contact intermitent"de medie prsiune

Acumularea gazului în clopot are ca efect refularea apei din incintă pînă ce contactul apă-carbid se întrerupe. Presiunea gazului este egală cu înălţimea coloanei de apă ΔH formată prin refulare.

In cazul generatorului de medie presiune cu „contact intermitent" (fig.3.11),acetilena rezultată refulează apa din camera de reacţie 1,în spaţiul format cu corpul generatorului 2, comprimînd aerul. La încărcarea generatorului,coşul cu carbid 3 este introdus complet în apa de reacţie,din camera 1,prin rotirea pîrghiei 4. Acetilena formată în camera de reacţie este condusă în rezervorul inferior 6 unde este răcită.

In cazul ambelor generatoare, presiunea gazului este cea care reglează timpul de reacţie,respectiv volumul de gaz dezvoltat.

In tabelul 3.3, sînt prezentate generatoarele de acetilenă fabricate în R.S.R (STAS 6306/2-80).

Notarea generatoarelor se face cu simbolul GA- generator de acetilenă; T sau S - transportabil sau staţionar; debitul nominal- $-m^3/h$; presiunea maximă admisibilă de lucru - bar . Exemplu :

GA-T 1,25/o,o35 STAS 6306/3-82 indică: generator de acetilenă, transportabil, de 1,25 m^3/h şi o,o35 bar.

Tabelul 3.3.

Simbol	GA 1,25/o,o35	GA 1,25/1,5	GA 5/o,2	GA 1o/o,2	GA 1o/1,5
Tipul generatorului	Transportabil de joasă presiune, cu contact intermitent prin refularea apei	Transportabil de medie presiune, cu carbid în apă	Staţionar, de medie presiune, cu apă peste carbid	Staţionar, de medie presiune, cu apă peste carbid umed	Staţionar, de medie presiune, cu apă peste carbid uscat
Debitul nominal de acetilenă m^3/h	1,25	1,25	5	1o	1o
Presiunea maximă admisibilă bar	o,o35	1,5	o,2	o,2	1,5
Incărcătura maximă de carbid kg	4	o,8	2o	2o	5o

3.2.3. Elemente de calcul şi proiectare a generatoarelor

Calculul unui generator de acetilenă capabil să realizeze parametrii funcţionali impuşi (debit şi presiune), indiferent de tipul constructiv adoptat, are la bază bilanţul de material şi termic.

Din relaţia 3.1 rezultă că pentru descompunerea 1 kg de carbid sînt necesare o,562 kg apă şi rezultă 1,156 kg $Ca(OH_2)$.

Din relaţia 3.3 rezultă că pentru descompunerea 1 kg de oxid de calciu sînt necesare o,322 kg apă şi rezultă 1,32 kg $Ca(OH)_2$:

$$\frac{18,o16}{56,o8} = o,322 \text{ kg apă} ; \quad \frac{74,o96}{56,o8} = 1,32 \; Ca(OH)_2$$

Cantitatea de carbid G_c, introdusă în generator trebuie să asigure funcţionarea neîntreruptă a acestuia pe o perioadă de timp T, ce depinde de tipul generatorului şi anume: T = (o,3...1) ore - generatoare transportabile; T = (1...3) ore - generatoare staţionare.

Notînd cu :

D - debitul nominal al generatorului, la 296 K şi 1,01325 bari, m^3/h ;

V_A - volumul de acetilenă, la 293 K şi 1,01325 bar, rezultat prin descompunerea 1 kg CaC_2 conform tabelului 3.2, m^3/kg ;

η_G - randamentul generatorului;

rezultă că :

$$D = \eta_G \cdot G_c \cdot V_A \cdot \frac{1}{T} \quad [m^3/h] \qquad (3.6.)$$

Pentru un debit ales se obţine necesarul de carbid:

$$G_c = \frac{D.T.}{\eta_G \cdot V_A} \quad [kg] \qquad (3.7)$$

Cantitatea de apă necesară reacţiei G_{ar}, se determină conform relaţiei 3.1 şi 3.3, luînd în consideraţie că: V_{AT} - volumul de acetilenă, la 293 K şi 1,01325 bar, rezultat prin descompunerea 1 kg CaC_2 cu puritate 100% este mai mare decît volumul real rezultat ($V_{AT} > V_A$); înafară de CaO, carbidul conţine aproximativ 6% impurităţi.

Rezultă că 1 kg CaC_2 va conţine $(0,94 - \frac{V_A}{V_{AT}})$ kg oxid de calciu.

Cantitatea de apă necesară descompunerii carbidului (determinat cu relaţia 3.7) va fi deci:

$$G_{ar} = G_c \left[0,562 \frac{V_A}{V_{AT}} + 0,322(0,94 - \frac{V_A}{V_{AT}}) \right] \quad [kg] \qquad (3.8)$$

Conform celor prezentate anterior, pentru a se evita apariţia polimerizării şi disocierii explozive, temperatura în spaţiul de gazificare precum şi temperatura gazului obţinut sînt limitate.

Răcirea acetilenei şi a nămolului de var, la temperatura impusă, se realizează prin introducerea în generator a unei cantităţi de apă suplimentare. Cantitatea de apă totală G_a, se determină din ecuaţia bilanţului termic:

$$Q_T = \sum_1^5 Q_i \quad [KJ] \qquad (3.9)$$

în care

Q_T este cantitatea de căldură rezultată prin descompunerea carbidului;

Q_1 - cantitatea de căldură absorbită de apa din generator;

Q_2 - cantitatea de căldură absorbită de acetilenă;

Q_3 - cantitatea de căldură absorbită de nămolul de var;

Q_4- cantitatea de căldură absorbită de vaporii de apă formați;

Q_5- cantitatea de căldură cedată mediului înconjurător;

Deoarece prin descompunerea 1 kg CaC_2 rezultă 1986 KJ(rel.3.1) iar a 1 kg CaO-1127 KJ(rel.3.),cantitatea de căldură Q_T rezultată prin descompunerea masei de carbid G_c va fi :

$$Q_T = G_c\left[1986\,\frac{V_A}{V_{AT}} + 1127(o,94 - \frac{V_A}{V_{AT}})\right] \text{ [KJ]} \qquad (3.1o)$$

Cantitatea de căldură Q_1 absorbită de apă este:

$$Q_1 = (G_a - G_{ar}).(T_2 - T_1).C_a \qquad (3.11)$$

în care : G_a este cantitatea totală de apă din generator, kg ;

T_2- temperatura finală a apei din generator($T_2 < 353$ K),K ;

T_1- temperatura inițială a apei din generator, K ;

C_a- căldura specifică a apei,KJ/kg.K ;

Gazul rezultat absoarbe cantitatea de căldură Q_2:

$$Q_2 = D.\gamma_A.C_A.T_A \text{ [KJ]} \qquad (3.12)$$

în care : γ_A este greutatea specifică a acetilenei, kg/m^3 ;

C_A- căldura specifică a acetilenei, KJ/kg.grd.K ;

T_A- temperatura acetilenei la ieșirea din generator, K .

Nămolul de var rezultat din descompunerea carbidului absoarbe cantitatea de căldură Q_3 :

$$Q_3 = G_c\left[1,156\,\frac{V_A}{V_{AT}} + 1,32o(o,94 - \frac{V_A}{V_{AT}}) + o,o6\right].(T_2 - T_1).c_n \text{ [KJ]} \qquad (3.13)$$

în care : T_2, T_1 - temperaturile inițială și finală a apei din generator, K ;

c_n- căldura specifică a nămolului de var, KJ/kg.K .

Cantitatea de căldură Q_4 absorbită de vaporii de apă saturați este :

$$Q_4 = G_v.(i - T_1) = \frac{M_v.P_v}{M_A.P_A}.D.\gamma_A \text{ [KJ]} \qquad (3.14)$$

în care : i este entalpia vaporilor [KJ/kg], la temperatura T_A;

M_v- masa moleculară a vaporilor de apă, kg/kmol ;

P_v- presiunea vaporilor de apă antrenați, MPa ;

M_A- greutatea moleculară a acetilenei, kg/kmol ;

P_A- presiunea acetilenei, MPa .

Cantitatea de căldură Q_5, cedată mediului înconjurător, se consideră: $Q_5 = (o,o2...o,o4)\,Q_T \qquad (3.15)$

Din ecuația bilanțului termic, în care se cunosc Q_T, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, se determină Q_1 :

$$Q_1 = Q_T - \sum_2^5 Q_i \qquad (3.16)$$

și înlocuind în relația (3.11) se obține cantitatea totală de apă

G_a din generator :

$$G_a = \frac{Q_1}{C_a (T_2 - T_1)} + G_{ar} \qquad (3.17)$$

Experimental s-a determinat volumul de apă necesar răcirii pentru diferite tipuri de generatoare: (6...10)kg apă/kg CaC_2 la sistemul „carbid în apă";(1,0...1,5)kg apă/kg CaC_2 la sistemul „apă peste carbid";(10...15)kg apă/kg CaC_2 la sistemul „contact intermitent prin refularea apei".

Dimensiunile corpului generator, ce se confecţionează din tablă de oţel carbon de uz general, se face pe baza unor date experimentale :

- în cazul generatoarelor de joasă presiune, conform tabelului 3.4 ;

Tabelul 3.4

Diametrul generatorului mm	500	500-700	700-900	900-1200
Grosimea peretelui mm	1,0-1,2	1,0-1,3	1,25-1,50	1,50-2,0

- în cazul generatoarelor de medie presiune cu relaţia :

$$s = \frac{p.D}{2\alpha\sigma_a} + s_1 \quad [m] \qquad (3.18)$$

în care : p este presiunea de lucru a generatorului, MPa ;
D - diametrul generatorului, m ;
α - coeficient de reducere a efortului unitar în funcţie de tipul îmbinării sudate ;
σ_a - rezistenţa admisibilă, MPa ;
s_1 - adaos de coroziune ($s \simeq 0,1$ cm), m .

Dimensiunea buncărelor, retortelor şi a sistemelor de stocare şi alimentare în carbid sau apă se realizează în funcţie de datele de proiectare adoptate.

3.2.4. Supape de siguranţă

Funcţionarea normală a arzătorului de sudare este perturbată cînd acesta se încălzeşte excesiv, datorită unei utilizări îndelungate. In această situaţie, amestecul de gaze se aprinde în interiorul aparatului şi flacăra se propagă pe calea de minimă rezistenţă, adică pe conducta de acetilenă, a cărei presiune este redusă comparativ cu presiunea oxigenului.

Fenomenul, numit „întoarcere a flăcării", poate produce explozia generatorului de acetilenă.

Supapa de siguranţă este dispozitivul ce protejează generatorul (sau conducta) de acetilenă în cazul apariţei fenomenului de întoarcere a flăcării şi, totodată, evacuează unda de şoc,(determinată de arderea gazelor) în atmosferă.

Principalul criteriu de clasificare a supapelor îl constituie mediul ce împiedică întoarcerea flăcării,criteriu conform căruia supapele se împart în:

- supape de siguránţă hidraulice: supape la care apa este mediul ce opreşte propagarea flăcării;
- supape de siguranţă uscate: supape la care mediul ce opreşte propagarea flăcării este o masă poroasă.

Prezentarea soluţiilor constructive adoptate se va face în funcţie de acest criteriu.

3.2.4.1. Supapele hidraulice de siguranţă se execută în două variante: 1 - supape hidraulice deschise; 2 - supape hidraulice închise.

Supapele hidraulice deschise, după soluţia constructivă adoptată pot fi: a - cu ţevi paralele; b - cu ţevi concentrice.

Din tabelul 3.5, ce prezintă clasificarea supapelor hidraulice de siguranţă conform STAS 6307-80,rezultă că supapele hidraulice deschise sînt supape de mică presiune, iar cele închise sînt de medie presiune.

Tabelul 3.5

Tipul supapei	Simbol	Presiunea maximă a acetilenei bar	Debitul nominal pînă la m^3/h
Deschisă,cu ţevi paralele	A	0,02	2
Deschisă,cu ţevi concentrice	B 1	0,02	1,25
	B 2	0,1	3,2
Închisă	C 1	0,7	3,2
	C 2	1,5	

Se impun următoarele condiţii de funcţionare a supapelor hidraulice :

- să oprească pătrunderea în generatorul de acetilenă,în recipientul de gaz sau în conducta principală de acetilenă a aerului şi oxigenului provenit de la punctul de utilizare a acetilenei;
- să oprească pătrunderea flăcării de întoarcere şi a undei de şoc în generatorul de acetilenă,în recipientul de gaz sau în conducta principală de acetilenă;
- dispozitivul de reţinere a apei să nu permită antrenarea

apei sub formă de picături sau împroşcări, la trecerea unui debit de gaz de 1,35 ori debitul nominal al supapei;

- rezistenţa opusă la trecerea gazului să nu depăşească 0,06 bar.

In figura 3.12 sînt prezentate construcţia şi modul de funcţionare a unei supape hidraulice deschise cu ţevi concentrice destinată a lucra la presiuni maxime a acetilenei de 0,1 bar şi debit de pînă la 3,2 m^3/h.

In figura 3.12 a este prezentată funcţionarea normală a supapei: acetilena din generator intră prin teava de admisie 1 în corpul 3 al supapei, trece prin apă şi, prin ştuţul 6 este trimisă spre arzător. Apa din corpul supapei se introduce prin spaţiul dintre ţeava de admisie 1 şi ţeava de siguranţă 2 iar nivelul se reglează prin deschiderea robinetului 5. Această operaţiune se execută înainte de începerea lucrului.

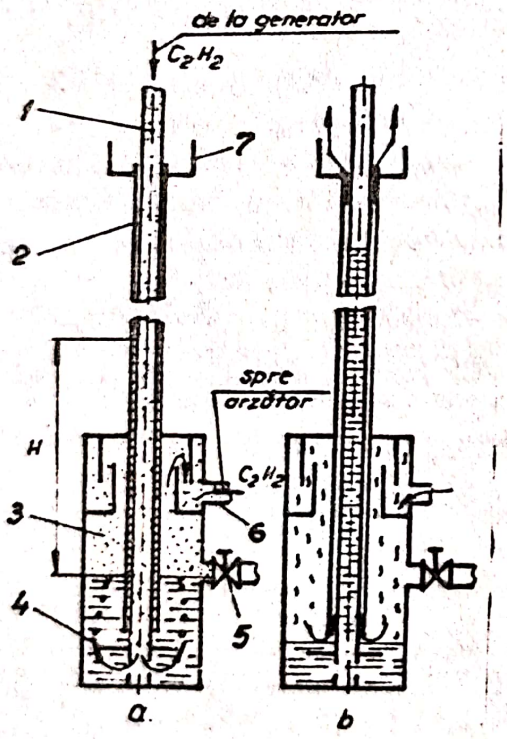


Fig.3.12.- Supapă hidraulică deschisă cu ţevi concentrice

Teava 1 este sudată de partea inferioară a corpului supapei, ieşirea gazului făcîndu-se prin orificii. Flanşa 4 are rolul de a repartiza uniform gazul ce străbate apa din supapă, evitînd astfel formarea unui curent continuu de acetilenă

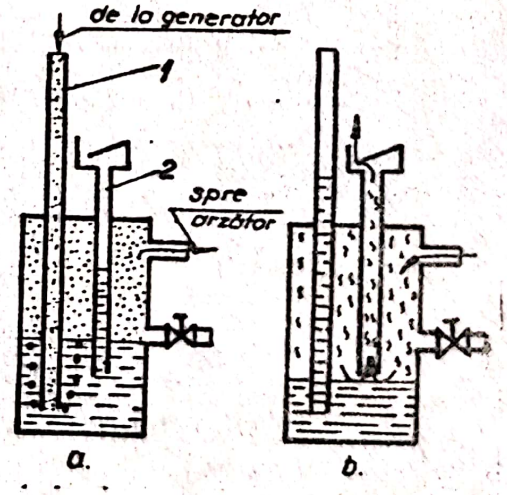


Fig.3.13.- Supapă hidraulică deschisă cu ţevi paralele

prin care ar putea să se propage flacăra de întoarcere spre generator şi, în acelaşi timp, nu permite scăparea gazului prin spaţiul dintre cele două ţevi. Presiunea acetilenei din corpul supapei este

dată de înălţimea coloanei de apă H, ce se ridică în ţeava 2. In situaţia întoarcerii flăcării,(fig.3.12 b), sub presiunea exploziei gazului, o parte din apa din corp este împinsă pe ţeava 1, obturînd accesul spre generator. In acelaşi timp, capătul inferior al ţevii de siguranţă, prin scăderea nivelului apei, comunică cu atmosfera şi astfel permite evacuarea gazelor arse. Apa antrenată de gazele evacuate este colectată în pîlnia 7 şi se scurge în corpul supapei.

Supapa hidraulică deschisă cu ţevi paralele (fig.3.13) este destinată a lucra la presiuni maxime ale acetilenei de 0,02 bar la debite nominale, pînă la 2 m^3/h. Constructiv diferă de supapa prezentată anterior prin modul de amplasare a ţevilor de admisie şi siguranţă,1 şi 2. Funcţionarea supapei în regim normal (fig.3.13 a) şi la întoarcerea flăcării (fig.3.13 b) se produce în acelaşi mod cu al supapei cu ţevi concentrice.

Supapele de siguranţă hidraulice închise sînt construite în două variante: cu membrană (fig.3.14) şi fără membrană (fig.3.15) şi, sînt destinate a lucra la presiuni medii (1,5 bar).

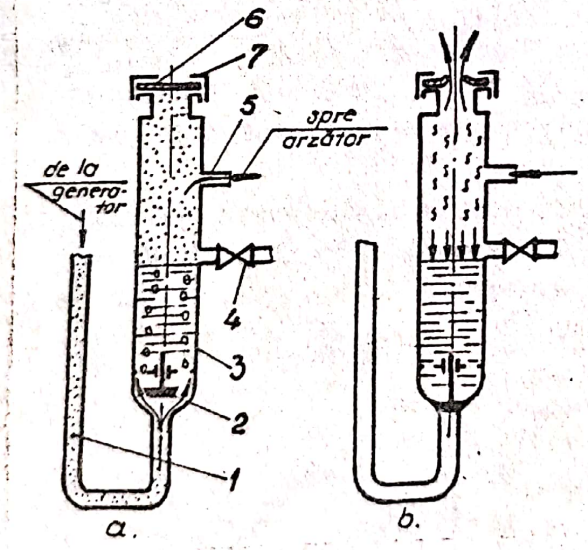


Fig.3.14.- Supapă hidraulică închisă cu membrană

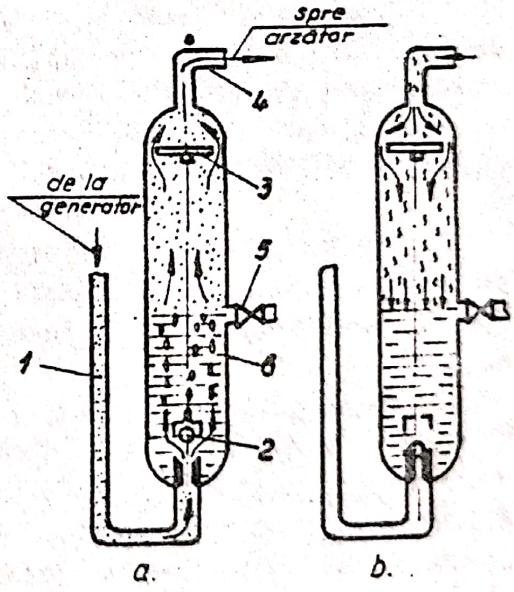


Fig.3.15.- Supapă hidraulică închisă fără membrană

Supapa de siguranţă cu membrană funcţionează în modul următor. La funcţionarea normală (fig.3.14 a)acetilena de la generator,trimisă prin ţeava de admisie 1, ridică ventilul 2 şi străbătînd apa din corpul 3, este livrată spre arzător prin stuţul 5. Robinetul 4 reglează nivelul apei din corp în momentul umplerii. La întoarcerea flăcării

(fig.3.14 b) explozia gazelor din corp comprimă apa şi ventilul 2 blochează admisia spre generator. In acelaşi timp, prin ruperea membranei 6, unda de şoc (gazele arse) este evacuată în atmosferă. Membrana de siguranţă 6 este executată din folie de aluminiu cu grosimea de 0,1-0,15 mm şi calculată a rezista la o presiune de 0,3-0,4 MPa.

După fiecare funcţionare a supapei la întoarcerea flăcării, este necesară înlocuirea membranei.

Supapa de siguranţă fără membrană echipează generatoarele cu debite mici şi conductele de acetilenă, oferind o siguranţă sporită în exploatare.

La funcţionare normală acetilena introdusă prin ţeava 1, ridică supapa 2 de pe scaun şi, trecînd prin apa din corpul supapei, este furnizată arzătorului prin ştuţul 4.

La întoarcerea flăcării (fig.3.15 b) supapa 2 închide accesul spre generator. Spaţiul de dimensiune redusă, dintre discul 3 şi corpul supapei 6, micşorează presiunea gazelor arse prin laminare amortizînd astfel unda de şoc.

O problemă deosebită o constituie funcţionarea supapelor în aer liber, la temperaturi negative. Pentru a se evita îngheţarea, se recomandă utilizarea următoarelor amestecuri: etilen-glicol - două părţi, apă - o parte (temperatură minimă de lucru 198 K); glicerină - două părţi, apă - o parte (temperatură minimă de lucru 237 K).

3.2.4.2. Supapele de siguranţă uscate sînt construite după principiul supapelor de sens şi sînt destinate atît generatoarelor cît mai ales buteliilor de gaze combustibile (hidrogen, propan, acetilenă).

Gazul pătrunde în corpul supapei 1 (fig.3.16) ridicînd bila 2 şi trecînd prin masa poroasă 3, alimentează arzătorul racordat la ştuţul 4. La întoarcerea flăcării, unda de şoc rupe membrana 5 şi gazele arse sînt evacuate în atmosferă. Bila 2 sub presiunea undei de şoc blochează accesul spre generator sau butelie.

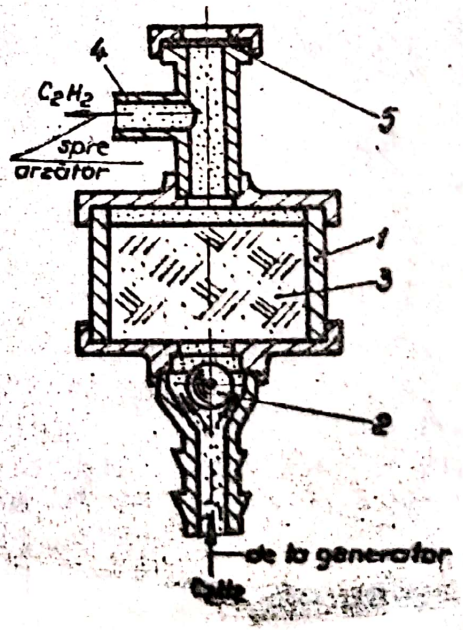


Fig.3.16.- Supapă de siguranţă uscată

Supapele uscate sînt destinate a lucra la presiuni medii.

3.2.4.3. Calculul de dimensionare al supapelor se realizează pe baza condiţiilor de funcţionare impuse. Experienţa acumulată prin testarea diferitelor prototipuri a permis stabilirea unor relaţii constructive de calcul a principalelor elemente ale supapelor hidraulice.

In tabelul 3.6 sînt date relaţiile de calcul a supapelor hidraulice.

Tabelul 3.6

Mărimea calculată	Relaţia de calcul	
	Supape deschise	Supape închise
Viteza gazului prin ţeava de admisie, v_{g1},[m/s]	se recomandă: 0,2...2,0	se recomandă: 2,0...10,0
Debitul nominal maxim de trecere al acetilenei, V_A [m³/h]	Conform STAS 6307-80 poate avea una din valorile: 0,8; 1,25; 2,0; 3,2	
Diametrul interior al ţevii de admisie, d_1,[m]	$\sqrt{\frac{4V_A}{\pi \cdot v_g}}$	
Diametrul interior al ţevii de siguranţă, d_2,[m]	(1,4...1,5)d_1-pentru supape cu ţevi concentrice (0,8..,1,2)d_1-pentru supape cu ţevi paralele	
Viteza gazului prin corpul supapei, v_{g2},[m/s]	Se recomandă: 0,04...0,1	Se recomandă: 0,07...0,2
Diametrul interior al corpului supapei, D_1,[m]	$\sqrt{\frac{4V_A}{\pi \cdot v_{g2}}}$	
Presiunea rezultată prin arderea gazelor în corpul supapei, pe [MPa]	Considerînd o creştere de 13 ori a presiunii de lucru rezultă : $p_e=(0,15+0,1)13 - 0,1 = 3,15$ MPa	
Grosimea peretelui corpului supapei, g,[m]	$\frac{p_e \cdot D_1}{2\alpha \cdot \sigma_a}$	
Înălţimea nivelului apei din corpul supapei, h_0[m]	(0,45...1,5)D_1	(1,85...3,0)D_1
Adîncimea scufundării ţevii de siguranţă în apă, D_h [m]	(0,5...0,9)h_0	
Înălţimea ţevii de siguranţă h_s,[m]	h + (1,1...1,4)h h - presiunea acetilenei mcol.apă.	
Înălţimea camerei de gaz a supapei h_g,[m]	(1,0...3,5)D_1	(1,1...3,8)D_1

3.2.5. Filtrul de acetilenă

Filtrul de acetilenă (epuratorul) este aparatul ce are rolul de a reține hidrogenul sulfurat (H_2S) și hidrogenul fosforat (H_3P), prezente în acetilena tehnică datorită impurității carburii de calciu (pct.3.2.1.2).

Hidrogenul sulfurat rezultă în urma descompunerii sulfurilor din carbid, în apa de reacție, în proporție 0,08-1,5 % volumice. Pînă la maxim 0,25% hidrogenul sulfurat nu influențează calitatea îmbinărilor sudate. Volumul de hidrogen sulfurat conținut în acetilenă depinde de tipul generatorului: la generatoarele „carbid în apă" volumul mare de apă reține în nămolul de var o parte din sulf; în cazul generatorului „apă peste carbid",la care reziduul este sub formă de praf, volumul de hidrogen sulfurat depășește limita admisă.

Hidrogenul fosforat, rezultat prin descompunerea fosfurilor de calciu din carbid,este conținut în acetilenă în proporție de 0,03-2% volumice. Anhidrida fosforică (P_2O_5),rezultată în urma arderii acetilenei,afectează calitatea metalului depus prin sudare.

Acetilena tehnică mai poate conține amoniac (H_3N) și impurități mecanice antrenate de curentul de gaz ce iese din generator.

Conform STAS 3660-71 se limitează conținutul de impurități la maximum 0,02% H_3P, 0,05% H_2S și 2% volumice aer.

Filtrul de acetilenă reține hidrogenul sulfurat și fosforat, pe care, prin reacții chimice, le transformă în substanțe nevolatile.

Substanța activă cea mai eficientă o constituie sărurile de crom. Se mai utilizează cocs,clingherit, pămînt de infuzorii.

Compoziția substanței pe bază de săruri de crom (cunoscută și sub denumirea de „geratol") este următoarea: $Na_2Cr_2O_7.2H_2O$-11-13%; H_2SO_4-17-20%; pămînt de infuzorii - 50%; apă 22%.

Anhidrida cromică rezultată în urma reacției :

$$Na_2Cr_2O_7.H_2O + H_2SO_4 \longrightarrow 2CrO_3 + 3H_2O + Na_2SO_4 \qquad (3.19)$$

reține hidrogenul sulfurat:

$$8CrO_3 + 3H_2S + 9H_2SO_4 = 4Cr_2(SO_4)_2 + 12H_2O \qquad (3.20)$$

și hidrogenul fosforat :

$$8CrO_3 + 3PH_3 + 9H_2SO_4 = 3Cr_2(SO_4)_3 + 2CrPO_4 + H_3PO_4 + 12H_2O \qquad (3.21)$$

Substanța activă este așezată pe grătarele 2 din corpul filtrului 1 (fig.3.17) în straturi de 30-50 mm. Acetilena din generator este trimisă în filtru prin țeava 3, iar spre arzător prin țeava 4. La trecerea prin masa filtrantă sînt reținute impuritățile, conform

reacţiilor (3.20) şi (3.21).

Generatoarele de acetilenă de debite mari şi staţiile folosesc pentru eliminarea impurităţilor mecanice, a amoniacului şi, de asemenea, în scopul de a răci acetilena, spălătoare de gaz.

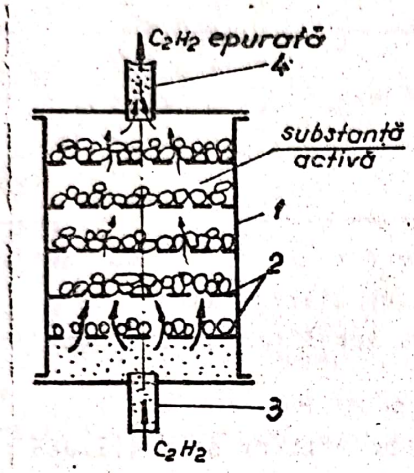


Fig.3.17.- Filtru de acetilenă

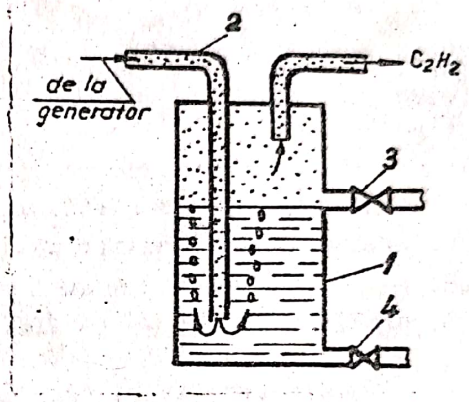


Fig.3.18.- Aparat de spălare a acetilenei

Constructiv, spălătorul de gaz este realizat pe principiul unei supape hidraulice deschise cu ţevi paralele (fig.3.18). Acetilena este răcită la trecerea prin apa din corpul aparatului 1, deoarece conducta de admisie de la generator 2 este cufundată în apă. Robinetul 3 este un robinet de nivel iar robinetul 4 serveşte la eliminarea periodică a apei impurificate.

3.3. Butelia de acetilenă

Utilizarea acetilenei îmbuteliate creează o serie de facilităţi, legate de transport şi manipulare, cînd postul de lucru nu este fix sau este amplasat în zone greu accesibile. Folosirea buteliei elimină şi dificultăţile legate de îngheţarea generatorului şi a supapei hidraulice cînd se lucrează la temperaturi negative.

Acetilena nu poate fi comprimată la presiune înaltă în butelii simple ca hidrogenul, oxigenul şi alte gaze, datorită pericolului de explozie.

Imbutelierea acetilenei foloseşte două proprietăţi specifice acestui gaz :

- acetilena se dizolvă în volum mare în lichide, în special în acetonă - $(CH_3)_2CO$. Solubilitatea acetilenei depinde de temperatură. La 0,1 MPa ea variază conform tabelului 3.7.

Presiunea influenţează solubilitatea gazului în acetonă: la creşterea presiunii volumul de gaz dizolvat se măreşte direct

proporţional (la 283 K şi 1 MPa volumul de acetilenă dizolvat este 26 x 1o = 26o dm^3). Deoarece acetilena gazoasă se dizolvă sub presiune în acetonă, atunci reducerea presiunii va produce degajarea gazului;

Tabelul 3.7

Temperatura K	253	258	263	268	273	278	283	288	293
Acetilenă dizolvată în acetonă dm^3/dm^3	52	47	42	37	33	29	26	23	2o

- dimensiunile recipientului în care este comprimată acetilena determină în mare măsură posibilitatea disocierii explozive. Comprimată în vase de dimensiuni capilare acetilena nu explodează nici la presiuni de 2,5 - 3,o MPa.

3.3.1.Construcţia şi funcţionarea buteliilor de acetilenă are la bază proprietăţile prezentate.

Butelia de acetilenă este similară din punct de vedere constructiv cu butelia utilizată pentru oxigen: corpul cilindric 1, din oţel,este prevăzut cu un soclu 2, la partea inferioară,iar la partea superioară,în capul buteliei, este montat un robinet cu ventil 3, protejat de capacul 4 (fig.3.19).

Masa poroasă ce umple corpul buteliei materializează vasele de dimensiuni capi-

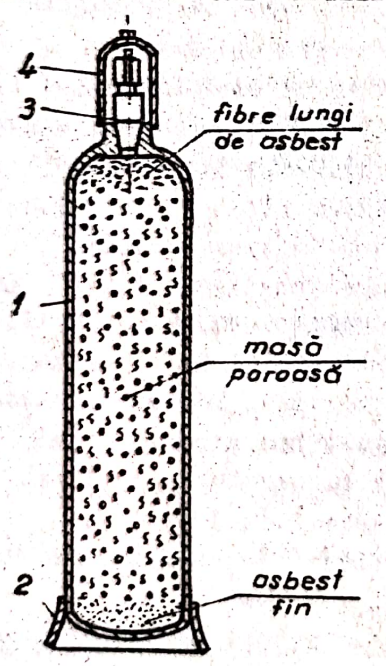


Fig.3.19.- Butelia de acetilenă

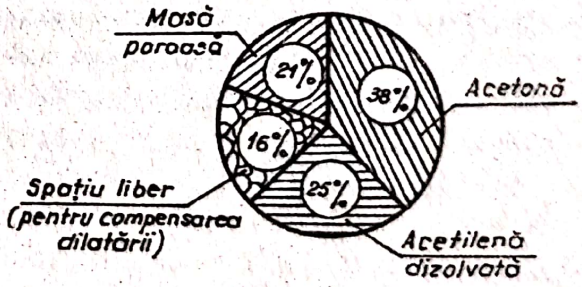


Fig.3.20- Structura buteliei de acetilenă în procente de volum

lare. In acest scop se utilizează amestecuri de: plută, asbest,pământ infuzoric, cărbune activ, lemn de balsa,materii la care porii reprezintă 75-8o% din volumul masei poroase.

Masa poroasă este îmbibată cu acetonă, acetona reprezentînd 35-40% din volumul buteliei. In figura 3.20 este prezentată în procente ponderea fiecărui element în volumul buteliei. O butelie cu volumul de 40 dm^3 conţine aproximativ 18-21 kg masă poroasă, 12 kg acetonă şi va avea dizolvat circa 4000 dm^3 acetilenă la 0,1 MPa şi 293,15 K. Presiunea de îmbuteliere a acetilenei este de 1,5 - 1,7 MPa.

Robinetul cu ventil al buteliei de acetilenă (fig.3.21) este alcătuit din:1-presetupă; 2-şaibă; 3-garnituri (piele); 4-inel de etanşare; 5-ventil; 6-pastilă de ebonită; 7-sită(oţel); 8-siguranţă; 9-garnitură (pîslă); 10-corpul robinetului; 11-garnitură (piele).

Exploatarea buteliei prezintă o serie de particularităţi:

- şocurile duc la tasarea masei poroase şi în golurile create se acumulează acetonă;

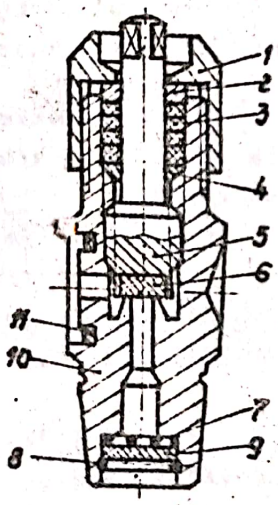


Fig.3.21.- Robinet cu ventil pentru butelia de acetilenă

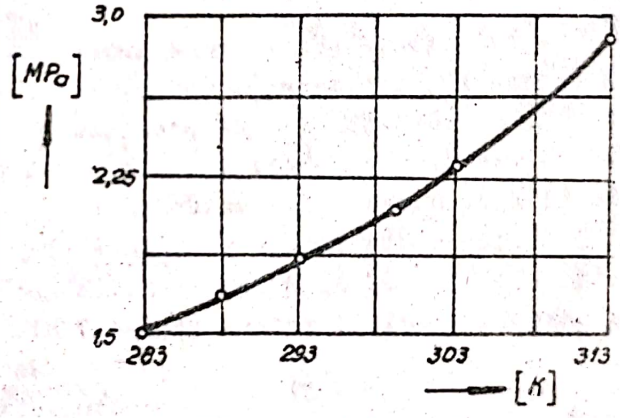


Fig.3.22.- Variaţia presiunii acetilenei îmbuteliate, cu temperatura

- încălzirea buteliei la temperaturi de peste 310 K este periculoasă deoarece solubilitatea acetilenei scade cu temperatura (tabelul 3.7) şi drept consecinţă duce la creşterea presiunii în butelie. Din graficul prezentat în figura 3.22 se observă că la temperatura de aproximativ 310 K presiunea este de 2,9 MPa;

- dacă consumul de gaz depăşeşte 1,5-2 m^3/h se constată pierderi însemnate de acetonă. Se recomandă în această situaţie utilizarea de baterii de butelii; de asemenea,utilizarea buteliei în poziţie orizontală este însoţită de pierderi de acetonă. »

Buteliile de acetilenă sînt vopsite în alb sau galben cu inscripţia ACETILENA de culoare roşie.

3.4. Reductoare de presiune pentru gaze combustibile

Reductoarele de presiune pentru gaze combustibile au acelaşi rol ca şi reductoarele de presiune pentru oxigen: reducerea presiunii de alimentare la valoarea presiunii de lucru şi menţinerea constantă a acesteia independent de variaţiile datorate consumului în arzător.

Reducerea presiunii este realizată prin laminarea gazului şi drept consecinţă principiile constructive sînt analoage cu cele adoptate în cazul reductoarelor pentru oxigen (pct.2.5.1): o supapă controlează debitul de gaz ce trece prin reductor, poziţia sa fiind stabilită prin compunerea a două forţe de sensuri opuse.

Cele două forţe reprezintă forţa unui arc reglat din exterior şi forţa datorată presiunii de lucru ce acţionează asupra unei membrane.

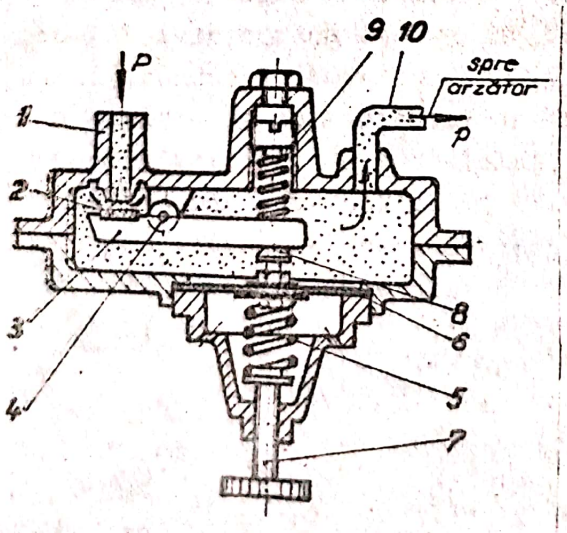
Soluţiile constructive, impuse de presiunea gazului combustibil (presiunea de alimentare), diferenţiază trei tipuri de reductoare:

1 - reductoare pentru gaze îmbuteliate la presiuni înalte, 15 MPa (hidrogen, gaz metan). Construcţia acestor reductoare este identică cu a reductoarelor de presiune pentru oxigen;

2 - reductoare pentru gaze la presiuni de 0,3-0,7 MPa (gaze livrate prin conducte - gaz metan);

3 - reductoare pentru acetilenă (regulatoare de presiune).

In figura 3.23 este prezentată construcţia unui reductor pentru gaze la presiuni reduse (0,3-0,7 MPa).



Reductorul este cuplat la conducta de alimentare prin ştuţul 1. Acţionarea supapei de laminare 2 se face prin intermediul pîrghiei 3 articulată prin boltul 4.

La rotirea şurubului de reglaj 7, arcul 5 este comprimat, membrana elastică 6 se deformează şi acţionează pîrghia 3.

Fig.3.23.- Reductor de presiune cu pîrghie

Rotirea pîrghiei în articulaţia 4 deplasează supapa şi permite accesul gazului în reductor.

In poziţia închisă forţa din arcul 5 este zero supapa de laminare fiind aşezată pe scaun datorită forţei dezvoltată de arcul 9.

Acţionarea prin pîrghie permite un reglaj fin al presiunii de lucru p.

In cazul reductorului de presiune pentru acetilenă (fig.3.24), acţionarea supapei 1 se realizează prin intermediul bolţului 6 ghidat de tija 7. La rotirea şurubului de reglaj 3 arcul 4 este comprimat, membrana elastică 5 se deformează şi deplasează supapa 1 permiţînd intrarea gazului în corpul reductorului.

Conducta 8 racordează reductorul la robinetul cu ventil al butelii.

In figura 3.25 este prezentat un sistem de fixare cu cadru al reductorului la butelia de acetilenă utilizat şi la alte gaze combustibile.

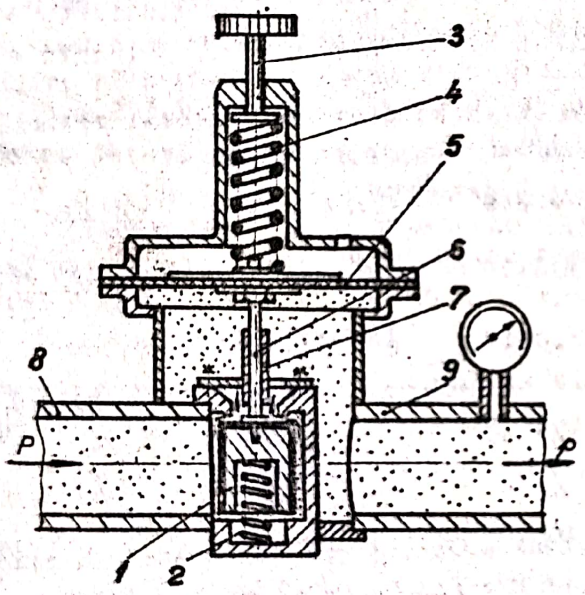


Fig.3.24.- Reductor de presiune pentru butelia de acetilenă

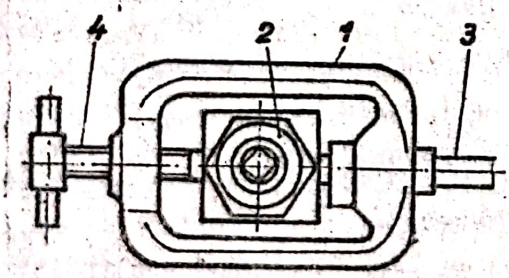


Fig.3.25.- Cadru de cuplare a reductorului de presiune la butelia de acetilenă: 1-cadru; 2-robinetul de ventil; 3-conducta reductorului; 4-şurub de strîngere

CAPITOLUL 4

FLACARA DE GAZE

4.1. Caracteristicile de bază ale combustiei gazelor

In capitolul 1 s-a definit flacăra de gaze ca reacţie exotermă şi s-au prezentat criteriile de apreciere ale eficienţei utilizării sale în procedeele de prelucrare.

Caracteristicile gazelor combustibile determină domenii specifice de utilizare, prezentate sintetic în tabelul 3.1.

Cu excepţia hidrogenului toate gazele combustibile utilizate la sudare sînt hidrocarburi. In formă generală procesul arderii acestor gaze se reduce la următoarele trei reacţii :

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightleftharpoons H_2O + 240 \quad [kJ/mol] \qquad (4.1)$$

$$C + \frac{1}{2} \rightleftharpoons CO + 122 \quad [kJ/mol] \qquad (4.2)$$

$$CO + \frac{1}{2} O_2 \rightleftharpoons CO_2 + 284 \quad [kJ/mol] \qquad (4.3)$$

Toate aceste reacţii sînt exoterme. Temperatura flăcării poate fi determinată cu relaţia :

$$T_F = \sum Q / \sum mc \qquad (4.4)$$

în care $\sum Q$ este suma cantităţilor de căldură rezultate din reacţii;
$\sum mc$ - suma produselor maselor cu căldura specifică.

Produsele finale ale arderii complete sînt: vaporii de apă (H_2O), oxidul şi bioxidul de carbon (CO, CO_2).

Arderea gazelor combustibile, produsele rezultate în urma oxidării şi energia degajată, se desfăşoară conform reacţiilor:

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O + 240.10^3 \quad [kJ/kmol] \qquad (4.5)$$

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + 802.10^3 \quad [kJ/kmol] \qquad (4.6)$$

$$C_4H_{10} + 6,5\ O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O + 2881.10^3 \quad [kJ/kmol] \qquad (4.7)$$

$$C_3H_8 + 5\ O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O + 2060.10^3 \quad [kJ/kmol] \qquad (4.8)$$

$$C_2H_2 + \frac{5}{2} O_2 \longrightarrow 2CO_2 + H_2O + 1270.10^3 \quad [kJ/kmol] \qquad (4.9)$$

Pentru amestecuri complexe de gaze, a căror compoziţie este cunoscută, puterea calorifică(la 293 K şi 0,1 MPa) se poate calcula cu relaţia :

Scanned with OKEN Scanner

$$Q_a = 24H_2 + 80CH_4 + 206C_3H_8 + 2800 + 275C_4H_{10} + 140CmHn \quad (4.10)$$

In această relaţie concentraţiile diferitelor componente sînt exprimate în procente volumice. Termenul CmHn reprezintă suma procentuală a hidrocarburilor grele din gaze. Coeficienţii au fost determinaţi considerînd puterea calorifică a fiecărui gaz combustibil.

Aplicînd relaţia 4.10 în cazul amestecului propan-butan cu compoziţia: 85% C_3H_8; 12% C_4H_{10}; 3% C_2H_6, rezultă :

$$Q_a = 206.85 + 275.12 + 140.3 = 88950 \quad [kJ/m^3] \quad (4.11)$$

Densitatea amestecului de gaze se calculează cu relaţia :

$$\rho_a = (x_1\rho_1 + x_2\rho_2 + \ldots + x_n\rho_n).0,01 \quad (4.12)$$

în care $x_1, x_2, \ldots, x_n$ - conţinutul diferitelor componente, % ;

$\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_n$ - densitatea fiecărui component, kg/m^3 .

Temperatura flăcării gazului combustibil în amestec cu oxigenul determină posibilitatea utilizării sale pentru sudarea diferitelor metale.

Raportul teoretic β_{max}, dintre volumul de oxigen (Vo_2) şi volumul de gaz combustibil (V_G), necesar arderii complete, se determină cu ajutorul compoziţiei elementare a gazului combustibil.

Pentru amestecuri complexe acesta se calculează cu relaţia:

$$\beta_{max} = \frac{V_{O_2}}{V_G} = 0,01\left[0,5H_2 + 2CH_4 + 5C_3H_8 + 0,5CO - O_2 + \sum\left(m + \frac{n}{4}\right)CmHn\right] \quad (4.13)$$

Raportul optim, la care se obţine cea mai mare putere calorifică efectivă, este întotdeauna cu 10-15% mai mic decît raportul teoretic deoarece, la ardere, participă şi oxigen din aer (valorile sînt date în tabelul 3.1).

La raportul optim flacăra are caracter oxidant şi poate fi utilizată numai pentru încălzire (tăiere, călire, etc) nu şi pentru sudare.

La sudare raportul practic, între volumul de oxigen şi gaz combustibil, trebuie să fie subunitar în scopul evitării oxidării.

Eficacitatea termică a înlocuitorilor acetilenei se exprimă prin coeficientul de înlocuire ψ , definit ca raportul dintre necesarul de gaz înlocuitor V_G şi consumul de acetilenă corespunzător aceluiaşi efect termic :

$$\psi = \frac{V_G}{V_{C_2H_2}} \quad (4.14)$$

In tabelul 3.1 sînt date valorile lui ψ.

Avînd cea mai înaltă temperatură de ardere flacăra oxiacetilenică are ponderea maximă în procesele de prelucrare a metalelor.

4.2. Flacăra oxiacetilenică

4.2.1. Fazele arderii şi structura flăcării

Structura flăcării rezultate prin arderea acetilenei în oxigen este caracterizată de existenţa a trei zone : 1-nucleu; 2-flacără primară (zonă reducătoare); 3-flacără secundară (flacăra propriu-zisă).

Forma flăcării şi dimensiunile acestor zone sînt determinate de valoarea raportului $\beta = \frac{V_{O2}}{V_{C_2H_2}}$.

Pentru $\beta = 1$, procesul de ardere al acetilenei decurge în trei faze :

1. Prima fază corespunde disocierii acetilenei conform reacţiei :

$$C_2H_2 \longrightarrow 2C + H_2 + 226.1c^3 \ [kJ/kmol] \qquad (4.15)$$

2. Faza a doua a arderii constă în oxidarea carbonului rezultat prin disociere :

$$C_2H_2 + O_2 \longrightarrow 2C + H_2 + O_2 \longrightarrow 2CO + H_2 + 472.1c^3 \ [kJ/kmol] \qquad (4.16)$$

Oxidarea carbonului se produce pe baza oxigenului din butelie numit „oxigen primar".

3. Faza a treia corespunde arderii complete, în urma căreia rezultă CO_2 şi H_2O, conform reacţiei :

$$2CO + H_2 + 3/2\ O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + 81c.1c^3 \ [kJ/kmol] \qquad (4.17)$$

Oxigenul necesar arderii complete este numit „oxigen secundar" deoarece se consumă din aer.

Aceste trei faze sînt localizate în zonele flăcării (fig.4.1): în nucleu se produce disocierea acetilenei şi începe oxidarea carbonului; în flacăra primară are loc oxidarea completă a carbonului înregistrîndu-se cea mai înaltă temperatură; flacăra secundară corespunde fazei a treia a arderii, arderea completă.

Structura şi forma flăcării depind de compoziţia amestecului combustibil adică de valoarea raportului β.

In cazul unei flăcări cu $\beta < 1$ - flacără carburantă - o parte a carbonului nu se oxidează complet în flacăra primară şi va arde în diverse părţi ale flăcării folosind oxigen din aer.

Pentru $\beta > 1$ - flacără oxidantă - faza a treia a procesului de ardere va începe din flacăra primară.

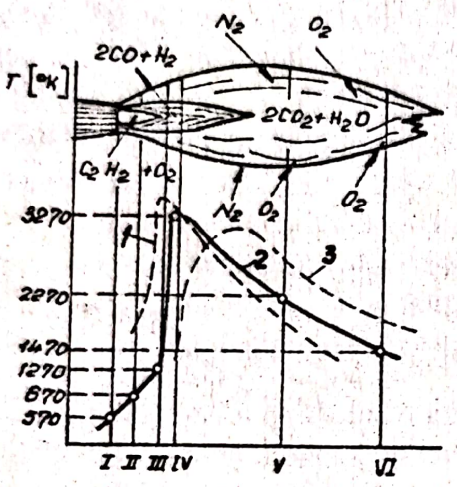


Fig.4.1.- Zonele flăcării şi distribuţia temperaturii pentru cele trei tipuri de flacără

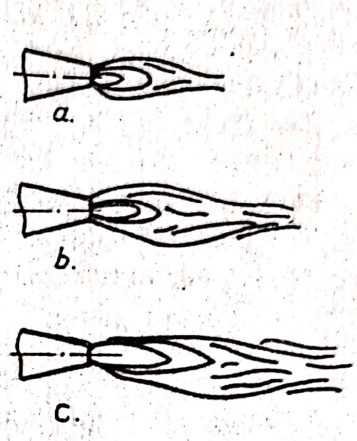


Fig.4.2.- Formele flăcării oxiacetilenice: a-oxidantă; b-normală; c-carburantă

In figura 4.2 sînt prezentate formele flăcării corespunzătoare celor trei tipuri definite de valorile raportului β.

In figura 4.3 este prezentată compoziţia flăcării corespunzătoare raportului $\beta = 1$ - flacără normală (sau reducătoare).

Asupra structurii flăcării influenţează reacţiile de disociere ce au loc la temperaturi înalte (figura 4.4).

In nucleu are loc disocierea hidrogenului conform reacţiei:

$$H_2 \longrightarrow 2H - 434.10^3 \quad [kJ/kmol] \qquad (4.18)$$

De aceea, în flacăra primară, alături de CO şi H_2, se găsesc hidrogen atomic şi oxigen. Pentru $\beta = 1$ această zonă constă în: 60% CO; 20% H_2; 12% H; 10^{-3} - 10^{-5} oxigen liber; 8% N_2.

In cazul flăcării oxidante ($\beta > 1,3$) în zona a doua a flăcării în afară de CO, H_2 şi H se află o cantitate importantă de CO_2, H_2O şi oxigen liber. Această zonă a flăcării va avea o temperatura mai mare (curba 1,fig.4.1) decît flacăra normală ca urmare a cantităţii suplimentare de căldură rezultată prin arderile

$$CO + O \rightleftharpoons CO_2 \qquad (4.19)$$

$$H_2 + O \rightleftharpoons H_2O \qquad (4.20)$$

La o flacără carburantă ($\beta < 1$) în zona a doua apare carbon liber şi se înregistrează o scădere a temperaturii (curba 3,fig.4.1)

Spre exemplu, la β = 0,8 are loc reacţia :

$$C_2H_2 + 0{,}8O_2 \longrightarrow 1{,}6\,CO + 0{,}4O + H_2 + 423.10^3\ [kJ/kmol] \quad (4.21)$$

Flacăra celorlalte gaze combustibile este similară,în principiu cu flacăra oxiacetilenică,avînd trei zone. Reglarea flăcării după cele trei zone nu este posibilă deoarece ele nu sînt distincte ca în cazul flăcării de acetilenă (spre exemplu flacăra oxihidrică nu are nici nucleu).

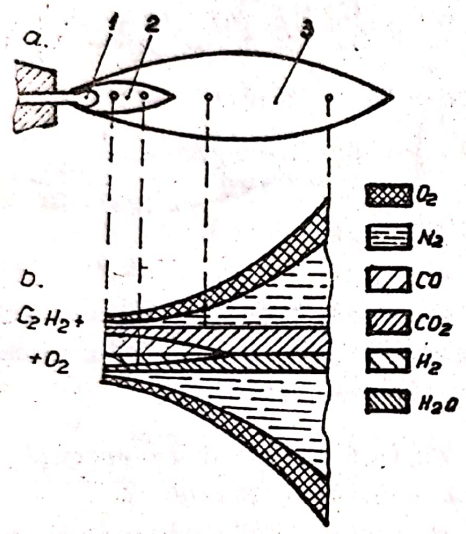


Fig.4.3.- Compoziţia flăcării oxiacetilenice normale

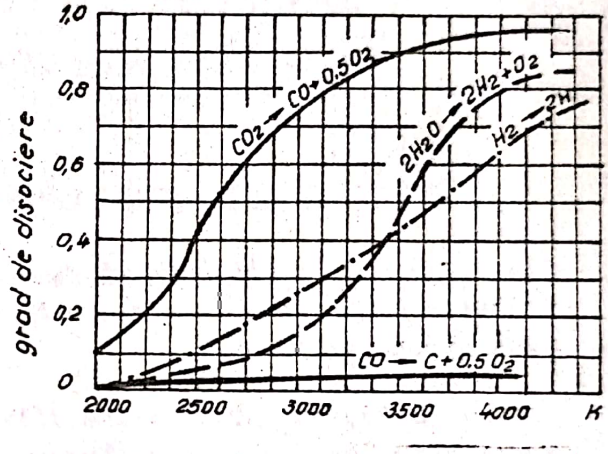


Fig.4.4.- Dependenţa gradului de disociere a gazelor de temperatură (0,1 MPa)

4.2.2. Interacţiunea flacără-metal

Interacţiunea flacără-metal este determinată de: caracteristicile metalului; temperatură; presiunea şi compoziţia gazelor flăcării.

Acţiunea flăcării asupra metalului este deseori materializată prin reacţii de oxidare. Reacţia tipică este:

$$2Me + O_2 \rightleftharpoons 2MeO + Q \quad (4.22)$$

Sensul în care se desfăşoară reacţia, adică oxidare (de la stînga la dreapta) sau reducere(de la dreapta la stînga), depinde de : concentraţia (presiunea parţială) a oxigenului în faza gazoasă ce vine în contact cu metalul; temperatura la care se produce interacţiunea; afinitatea metalului faţă de oxigen; stabilitatea chimică la disociere a oxizilor (sau oxidului).

In condiţii determinate aceste reacţii se echilibrează. Pentru reacţii concrete (de exemplu: pentru disocierea oxizilor şi oxidarea unui anumit metal) obţinerea echilibrului se realizează la o anumită temperatură şi compoziţie a fazei gazoase. Echilibrul dintre diferite amestecuri de gaze cu fierul şi oxizii acestuia este prezentat în figura 4.5 a, din care rezultă că la 0,1 MPa oxidarea fierului (la temperatura băii de sudură - zona haşurată) nu se produce, la interacţiunea acestuia cu amestecul de H_2 şi H_2O, decît în situaţia în care conţinutul de H_2 din amestec depăşeşte 45%. O astfel de flacără, oxihidrică, se obţine pentru $\beta = 1/4$ după reacţia :

$$4H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2H_2 + Q \qquad (4.23)$$

Flacăra rezultată prin arderea hidrocarburilor are mai multe componente şi de aceea este necesar să se considere nu numai ale H_2 şi H_2O, ci şi ale CO şi CO_2.

Flacăra oxiacetilenică de tip carburant, $\beta < 1$, poate determina carburarea metalului datorită prezenţei carbonului liber (rel.4.19).

Flacăra de tip oxidant, $\beta > 1$, prezintă în zona a doua CO_2 şi H_2O în cantităţi suficiente pentru a determina valoarea maximă a lui β (atunci cînd însă la sudarea oţelului nu se formează FeO).

Neglijînd influenţa presiunilor parţiale se poate determina, utilizînd diagramele de echilibru din figura 4.5 valoarea raportului

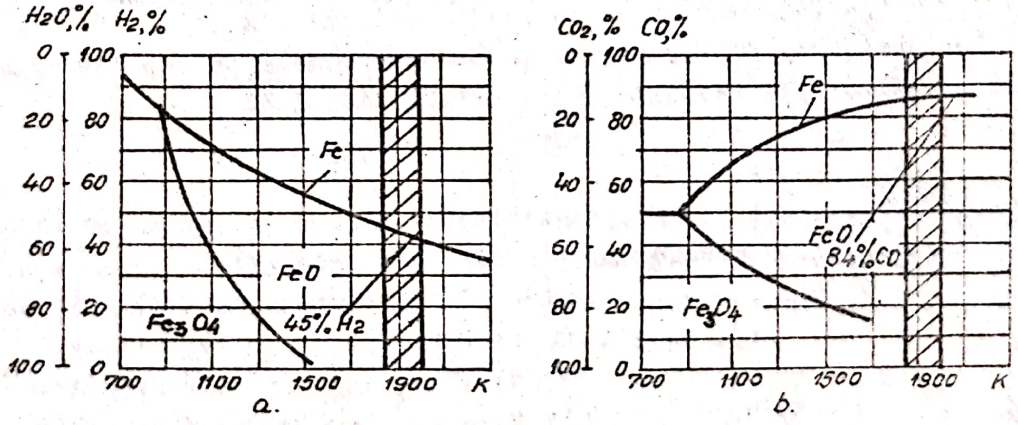


Fig.4.5.- Diagramele de echilibru ale fierului şi oxizilor săi cu fazele gazoase la 0,1 MPa(abs). a-cu amestecul $H_2 + H_2O$; b-cu amestecul $CO + CO_2$

la care flacăra este în echilibru cu oxidul FeO :

$$C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2$$
$$+$$
$$2CO + 1{,}6\ O_2 = 0{,}68CO + 0{,}32\ CO_2 \qquad (4.24)$$
$$+$$
$$H_2 + 0{,}275\ O_2 = 0{,}45\ H_2 + 0{,}55\ H_2O$$
$$C_2H_2 + 1{,}435\ O_2 = 1{,}68CO + 0{,}32CO_2 + 0{,}45H_2 + 0{,}55H_2O$$

Considerînd presiunile parţiale precum şi oxigenul din aer ce pătrunde în flacără rezultă că valoarea maximă a lui β^{nu} va fi 1,435 ci 1,3. In concluzie, flacăra oxiacetilenică, utilizată pentru oţelul carbon, avînd $\beta < 1$ va fi necarburantă, iar la $\beta > 1{,}3$ va fi oxidantă. Flacăra la care $\beta = 1{,}0 \ldots 1{,}3$ este, în cazul oţelului carbon, o flacără normală.

4.2.3. Caracteristicile flăcării ca sursă termică

Cea mai importantă caracteristică a unei surse termice folosite la sudare o constitue repartizarea spaţială a energiei, repartizare ce determină bilanţul energetic.

In cazul utilizării flăcării oxiacetilenice transmisia de căldură se realizează prin convecţie conform legii lui Newton :

$$q = \alpha \cdot (T_g - T_M) \qquad (4.25)$$

în care :

q - densitatea de flux termic, w/m^2 ;
α - coeficient de transfer al căldurii, w/m^2k ;
T_g - temperatura fluxul de gaze al flăcării, k ;
T_M - temperatura suprafeţei metalului, k .

Densitatea de flux q este o mărime vectorială ce exprimă cantitatea de căldură dQ transmisă ariei dA în timpul dt:

$$q = \frac{dQ}{dA \cdot dt} \quad \left[w/m^2\right] \qquad (4.26)$$

Această energie nu este repartizată uniform pe secţiunea flăcării. Considerînd un arzător în poziţie verticală (fig.4.6) în axa flăcării densitatea de flux are valoare maximă q_{max} şi repartiţia spaţială este în funcţie de distanţa r şi factorul de concentrare k :

$$q = q_{max} \cdot e^{-kr^2} \qquad (4.27)$$

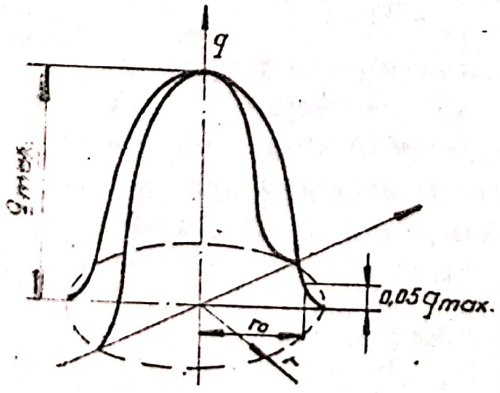


Fig.4.6.- Repartiţia densităţii fluxului faţă de axa de simetrie a flăcării

Cunoscînd q_{max} se determină puterea efectivă a sursei :

$$P = \int_0^{\infty} q.dA = \int_0^{\infty} q_{max}.e^{-kr^2}.2\pi r dr = \frac{\pi}{4}.q_{max} \quad (4.28)$$

Valorile funcţiei q pot fi neglijate pentru $r > r_0$, deoarece $q < 0,05\ q_{max}$.

Inlocuind în relaţia (4.27) această valoare rezultă raza r_0 a ariei încălzite de flacără :

$$0,05.q_{max} = q_{max}.e^{-kr_0} \quad (4.29)$$

respectiv :

$$r_0 = \sqrt{\frac{3}{k}}$$

In cazul flăcării oxiacetilenice puterea efectivă creşte odată cu creşterea volumului de acetilenă dar, într-o măsură mai mică decît consumul de gaze combustibil. Se constată scăderea randamentului efectiv η_{ef} la creşterea puterii flăcării. Valoarea randamentului se determină cu relaţia :

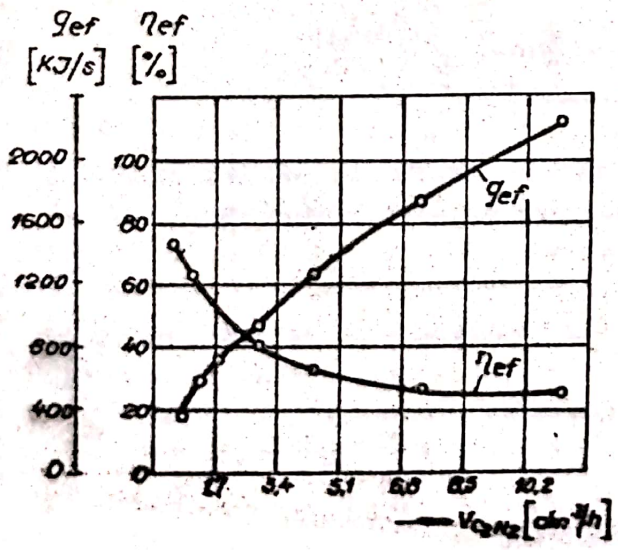
$$\eta_{ef} = \frac{q_{ef}}{q_{total}} \quad (4.30)$$

în care : q_{ef} este cantitatea de căldură introdusă în metal, J/s

q_{total} - puterea totală a flăcării corespunzătoare valorii minime a puterii calorifice a combustibilului (pentru acetilenă 53 MJ/m^3).

Randamentul efectiv al flăcării oxiacetilenice este :

$$\eta_{ef} = \frac{q_{ef}}{53.10^6.10^{-3}.\frac{V_{C_2H_2}}{3600}} = \frac{q_{ef}}{14,7\ V_{C_2H_2}} \quad (4.31)$$



Rezultatele cercetărilor experimentale efectuate cu diferite arzătoare, respectiv diferite debite de acetilenă sînt prezentate în figura 4.7.

Fig.4.7.- Puterea efectivă q_{ef} şi randamentul η_{ef} la încălzirea oţelului carbon de uz general (viteza de ieşire a gazelor 500 mm/min, grosimea oţelului 6mm)

Randamentul depinde şi de alţi parametri: unghiul de înclinare a flăcării faţă de normala la suprafaţa piesei; viteza de deplasare a flăcării; viteza de ieşire a gazelor din arzător; valoarea coeficientului β; grosimea şi caracteristicile termo-fizice ale metalului.

Coeficientul total de topire se determină cu formula :

$$\eta_t = \frac{v \cdot A \cdot \rho \cdot Q_M}{14,7 \cdot V_{C_2H_2}} \qquad (4.32)$$

în care :

v - viteza medie de deplasare a arzătorului, m/h ;

A - aria secţiunii transversale a metalului, m^2 ;

ρ - densitatea metalului, kg/m^3 ;

Q_M - conţinutul de căldură al metalului topit, kJ/kg ; (pentru oţel 1,34 MJ/kg) ;

$V_{C_2H_2}$ - volumul de acetilenă, dm^3/h ;

In figura 4.8 este prezentată variaţia randamentului η_t în funcţie de grosimea metalului g şi utilizarea diferitelor gaze combustibile: 1-flacără oxiacetilenică; 2-flacără de propan-butan (= 3,5); 3-flacără oxihidrică.

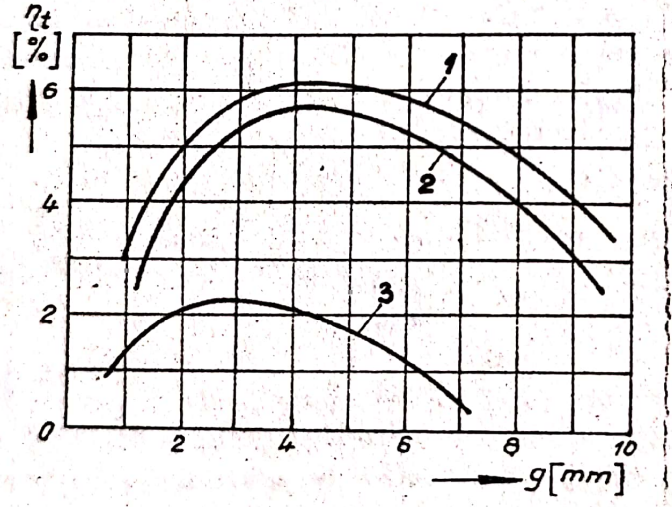


Fig.4.8.- Randamentul pentru diferite gaze combustibile

Din grafice rezultă că randamentul total la sudarea cu flacără de gaze este scăzut (pentru flacăra oxiacetilenică $\eta_t \simeq 6\%$).

4.3. Arzătoare pentru sudare

Arzătoarele pentru sudare sînt aparatele ce reglează debitele de gaze (combustibil şi carburant), realizează amestecarea gazelor şi, în final, prin arderea amestecului carburant, flacăra de sudare.

Arzătoarele pentru sudare (denumite şi suflaiuri) se pot clasifica după mai multe criterii:

- după gazul combustibil: arzătoare pentru acetilenă; arzătoare pentru gaze combustibile înlocuitoare a acetilenei; arzătoare pentru combustibili lichizi;
- după modul de admisie a gazelor în camera de amestec: arzătoare cu injector; arzătoare fără injector (de presiune egală);
- după destinaţie: arzătoare universale (pentru sudare, tăiere, încălzire, etc); arzătoare speciale (numai pentru sudare, pentru călire ş.a.);
- după numărul flăcărilor: arzătoare cu o flacără; arzătoare cu flăcări multiple.

4.3.1. <u>Arzătoarele cu injector</u> sînt aparate ce utilizează acetilenă la presiune redusă 0,001-0,1 MPa şi oxigen la 0,05-0,4 MPa. Arzătorul este alcătuit din corpul 3 în care sînt fixate (prin lipire) ţevile 1 şi 2, de admisie a acetilenei şi oxigenului. Robineţii 5 şi 6 permit reglarea debitelor de gaze şi prin aceasta reglarea flăcării la raportul β necesar sudării.

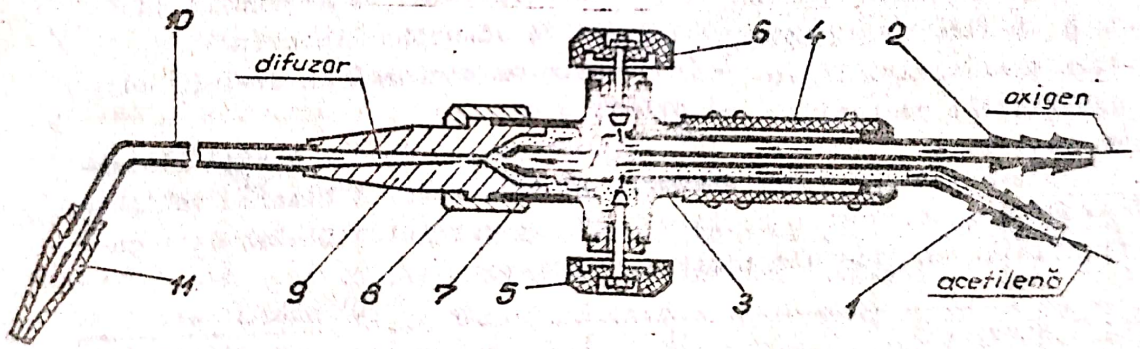


Fig.4.9.- Arzător cu injector pentru sudare

Arzătorul 9, propriu zis, fixat de corp cu piuliţa 8, este format din difuzor , tija lo şi diuza 11, toate solidarizate prin lipire. Injectorul 7 este fixat în arzătorul 9 prin înfiletare.

La deschiderea robinetului 6, oxigenul din ţeava 2, racordată la reductorul de presiune al buteliei, trece prin injectorul 7 şi pătrunde în difuzorul arzătorului 9.

La trecerea prin injector viteza gazului se măreşte după care, intrînd în difuzorul arzătorului 9 oxigenul se destinde. Depresiunea creată de oxigen la ieşirea prin injectorul 7 aspiră acetilenă a cărei admisie este realizată la deschiderea robinetului 5.

In arzătorul 9 gazele sînt amestecate şi apoi aprinse la capătul diuzei 11. Mînerul 4, ce acoperă ţevile 1 şi 2, permite manevrarea aparatului.

O caracteristică funcţională importantă a acestui tip de arzător o constitue faptul că în timpul lucrului raportul dintre volumele reglate ale gazelor nu este menţinut constant.

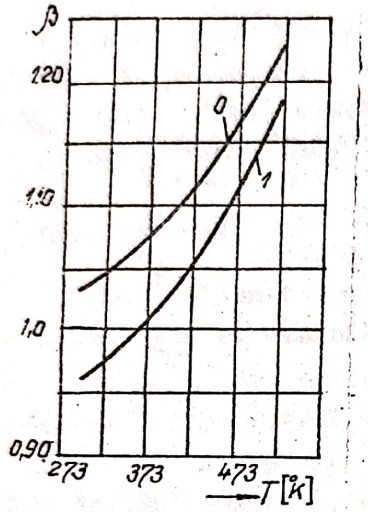


Fig.4.1o.- Valoarea raportului β în funcţie de temperatura arzătorului T(pentru arzătoarele nr.O şi 1 din tabelul 4.1)

Utilizarea îndelungată a aparatului duce la încălzirea arzătorului 9 astfel că se produce o creştere a presiunii amestecului de gaze din difuzor şi tija lo. Creşterea presiunii are drept efect micşorarea depresiunii şi prin aceasta reducerea volumului de acetilenă aspirat.

După cum rezultă şi din figura 4.1o odată cu creşterea temperaturii arzătorului T, creşte valoarea raportului β, flacăra devenind oxidantă. Schimbarea caracterului flăcării influenţează negativ proprietăţile îmbinării sudate.

Reglarea puterii efective se realizează prin utilizarea de arzătoare cu injectoare de diferite dimensiuni. Injectoarele se montează în acelaşi corp al arzătorului.

Intreprinderea Optică Română livrează truse de sudare (şi debitare) echipate cu 8 arzătoare numerotate de la O la 7. In tabelul 4.1 sînt date caracteristicile tehnice ale acestor arzătoare.

Tabelul 4.1

Numărul arzătorului	O	1	2	3	4	5	6	7
Diametrul găurii injectorului, mm	o,22	o,3o	o,4o	o,5o	o,6o	o,8o	1,o	1,2
Diametrul găurii difuzei, mm	o,7o	o,9o	1,25	1,6o	1,9o	o,4o	2,8o	3,4o
Consum maxim de acetilenă, dm3/h	75	15o	3oo	5oo	75o	12oo	17oo	25oo
Consum maxim de oxigen, dm3/h	86	165	33o	55o	825	132o	185o	275o
Presiune de lucru a oxigenului, MPa	o,14-o,2	o,18-o,25	o,2o-o,3o	o,23-o,3o	o,25-o,3o	o,28-o,35	o,32-o,4o	o,35-o,5o
Presiunea de lucru a acetilenei, MPa	o,oo1 - o,15							
Lungimea nucleului, mm	6	8	12	15	17	19	21	23

Arzătoarele cu injector sînt,în prezent, cel mai utilizat tip de aparat pentru sudare.

4.3.2. Arzătoarele fără injector sînt denumite şi „arzătoare de egală presiune" deoarece ambele gaze sînt admise în aparat la presiuni (aproximativ) egale în domeniul o,ol - o,l MPa.

In figura 4.11 sînt prezentate două tipuri de arzătoare de presiune egală:

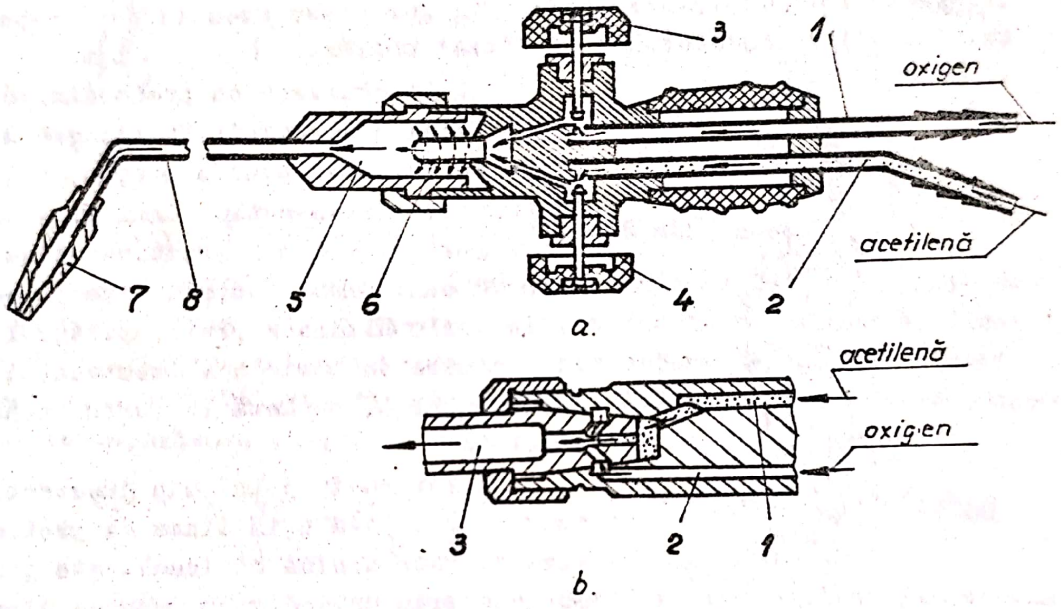


Fig.4.11.- Arzătoare de presiune egală (fără injector)

- în cazul arzătorului din figura 4.11 a gazele admise în aparat prin conductele 1 şi 2 la deschiderea robineţilor 3 şi 4, se întîlnesc în camera de amestec 5 după ce trec prin sita 6. Amestecul combustibil este aprins la capătul diuzei 7 a tijei 8;

- arzătorul din figura 4.11 b realizează amestecarea oxigenului şi acetilenei, admise prin canalele 1 şi 2, în camera de amestec 3.

Spre deosebire de arzătoarele cu injector, arzătoarele de presiune egală menţin constantă compoziţia amestecului de gaze (β = ct.) în orice condiţii de lucru.

4.3.3. Arzătoarele pentru gaze combustibile înlocuitoare ale acetilenei - hidrogen, gaz metan, propan, butan, amestec propan-butan, vapori de benzină şi petrol - se pot clasifica după criteriul constructiv în următoarele grupe:

1. arzătoare cu injector, identice cu cele folosite pentru acetilenă;

2. arzătoare cu preîncălzire a amestecului combustibil la ieşirea din diuză;

3. arzătoare cu cameră de turbionare ;

4. arzătoare pentru combustibili lichizi (benzină,petrol).

1. Arzătoarele cu injector, din prima grupă, nu diferă constructiv de arzătoarele prezentate la punctul 4.3.1. Acest tip de arzătoare folosite pentru hidrogen, gaz metan,amestec propan-butan au orificiile injectorului şi diuzei mărite.

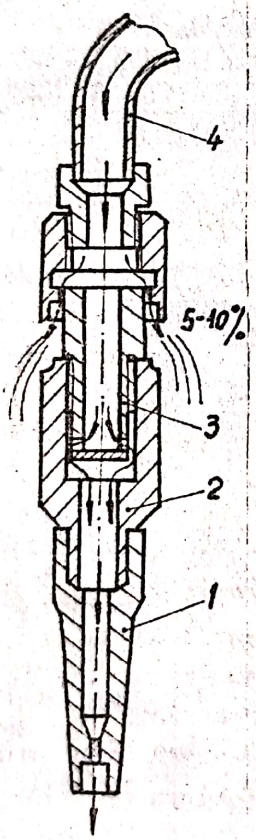


Fig.4.12.- Diuza unui arzător cu amestec propan-butan

2. Arzătoarele cu preîncălzire a amestecului combustibil la ieşirea din diuză se folosesc pentru propan, butan şi amestec propan-butan. Conform schiţei din figura 4.12 diuza arzătorului este formată din: diuza propriu-zisă 1,camera de preîncălzire 2,preîncălzitorul 3, şi conducta de admisie a amestecului combustibil 4, cuplată la corpul arzătorului.

Aproximativ 5-10% din amestecul combustibil iese prin diuza de preîncălzire 4, este aprins şi încălzeşte gazele ce trec prin camera 2, precum şi diuza 1. Temperatura amestecului la ieşirea din arzător creşte cu 300-350 K mărind astfel şi temperatura flăcării. Acest tip de arzătoare lucrează cu oxigen la presiuni de 0,05-0,4 MPa şi propan la minim 0,001 MPa.

3. Arzătoarele cu cameră de turbionare sînt folosite pentru preîncălzire, lipire,sudare de mase plastice ş.a.,la care nu sînt necesare flăcări cu temperaturi înalte. Arzătoarele lucrează cu amestec aer-propan, ambele la presiuni de 0,005-0,02 MPa.

Propanul este admis în camera de ardere, ce ţine locul diuzei, printr-un canal central, iar aerul intră printr-o spirală cu mai multe începuturi realizînd prin turbionare amestecarea gazelor.

Arzătorul permite realizarea de flăcări cu temperaturi cuprinse în domeniul 573-1973 K.

4.Arzătoarele pentru combustibili lichizi (benzină,petrol, kerosen - $C_{13}H_{28}$) sînt utilizate pentru preîncălzire,sudare,lipire.

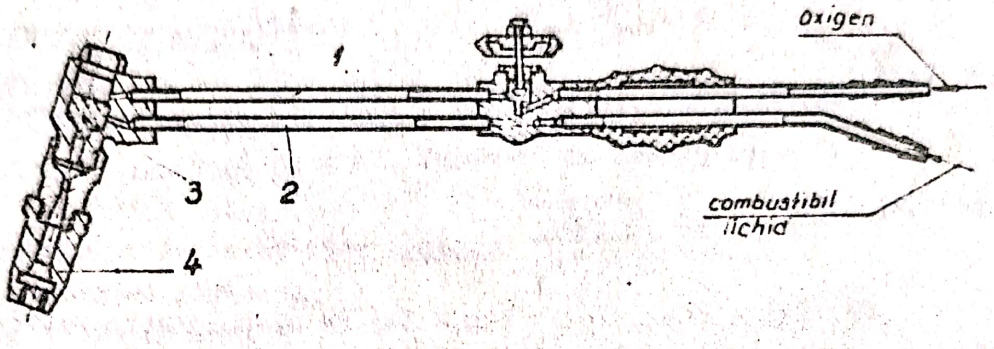


Fig.4.13.- Arzător pentru flacără oxigen-kerosen

In arzător oxigenul intrat prin conducta 1 pulverizează combustibilul admis prin conducta 2, ce îmbină masa poroasă 3 (figura 4.13). Amestecul oxigen-kerosen este aprins la capătul diuzei 4. Creşterea temperaturii diuzei în timpul lucrului favorizează procesul de vaporizare şi pulverizare a combustibilului.

4.3.4. Elemente de proiectare a arzătoarelor cu injector pentru acetilenă

Dimensionarea arzătorului urmăreşte: determinarea diametrului orificiului injectorului d_i; diametrul canalului camerei de amestec d_a; diametrul ajutajului diuzei d_d. Calculul se face în condiţiile obţinerii unei flăcări normale, adică pentru raportul $\beta = 1,1$(fig.4.14

Deoarece raportul presiunilor oxigenului din injector (p_i= 0,4...0,5 MPa) şi camera de amestec (p_a= 0,11...0,13 MPa) este mai mic decît raportul critic:

$$\frac{p_i}{p_a} = \frac{0,11...0,13}{0,4...0,5} = 0,275...0,325 \qquad (4.33)$$

pentru calculul debitului gravimetric se va aplica relaţia(2.13)din care va rezulta diametrul injectorului d_i:

$$d_i = \sqrt{\frac{4\,G_{nec}}{0,023\,\mu\,p_i}} \qquad (4.34)$$

Diametrul d_a se alege constructiv conform relaţiei :

$$d_a = (3,0...3,4)d_i \qquad (4.35)$$

Calculul diametrului diuzei d_d se realizează din condiţia ca viteza amestecului combustibil v_g să fie mai mare cel mult egală cu viteza de ardere v_a ($v_g \geq v_a$).
Pentru amestecul acetilenă oxigen $v_a \simeq 3$ m/s. Conform relaţiei :

$$G = \gamma \cdot v_g \cdot A \qquad (4.36)$$

în care :

γ - greutarea specifică a amestecului combustibil;
A - secţiunea orificiului , $A = \pi d_d^2/4$;

rezultă :

$$d_d = \sqrt{\frac{4G}{\pi \gamma v_g}} \qquad (4.37)$$

Celelalte dimensiuni (fig.4.14) se aleg constructiv în funcţie de numărul arzătorului :

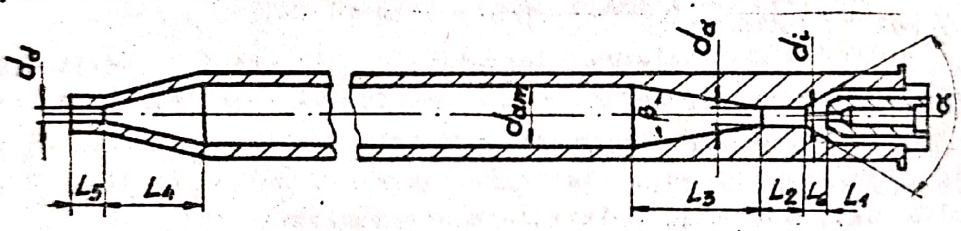


Fig.4.14.- Geometria arzătorului cu injector

$$L_1 = (3...12)d_i \qquad (4.38)$$
$$L_2 = (6...16)d_a \qquad (4.39)$$
$$L_3 = (15...32)d_a \qquad (4.40)$$
$$L_4 = (5...30)d_d \qquad (4.41)$$
$$L_5 = (1,1...4)d_d \qquad (4.42)$$

Se recomandă : $\alpha = 90^0$; $\beta = 6...10^0$;

CAPITOLUL 5

SUDAREA PRIN TOPIRE CU FLACARA DE GAZE

5.1. Parametri tehnologici

Elaborarea unei tehnologii de sudare prin topire cu flacără de gaze implică stabilirea:

- puterii arzătorului;
- compoziţiei flăcării;
- metalului de adaos şi fluxului;
- geometriei rostului;
- tehnicii de sudare;
- tratamentelor termice.

5.1.1. Puterea arzătorului. Cantitatea de căldură necesară realizării unei îmbinări sudate este determinată de proprietăţile termofizice ale metalului de bază şi de grosimea componentelor de sudat. In cazul flăcării de gaze determinarea necesarului de energie calorică se realizează prin estimarea puterii arzătorului, P, dată de relaţia:

$$P = C.g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.1)$$

în care:

C este constanta de consum, ce depinde de tipul metalului de bază, $[dm^3/h]$,

g - grosimea componentelor de sudat, [mm].

Calculînd puterea arzătorului,P, se poate alege numărul arzătorului cu care se va executa sudarea (tabelul 4.1).

5.1.2. Compoziţia flăcării. Alegerea valorii raportului β, respectiv a unei anumite structuri a flăcării,este determinată în principal de modificările de compoziţie chimică generate de interacţiunea dintre metalul lichid al băii de sudură şi gazele dezvoltate de flacără. Astfel, în cazul sudării fontelor, este necesară folosirea unei flăcări carburante ($\beta < 1$) pentru a compensa arderea carbonului, spre deosebire de situaţia sudării alamei la care se indică utilizarea unei flăcări oxidante ($\beta = 1,25-1,4$) ce are ca efect reducerea oxidării zincului.

5.1.3. Materialul de adaos și fluxul. Alegerea diametrului metalului de adaos și a compoziției chimice se face în funcție de grosimea componentelor și compoziția metalului de bază. Diametrul metalului de adaos se stabilește cu relația:

$$d = k \cdot g \quad mm \qquad (5,2)$$

în care,

k este o constantă ce depinde de tipul metalului de bază,

g - grosimea metalului de bază, [mm].

Alegerea compoziției chimice a metalului de adaos este determinată de compoziția metalului de bază și de specificul modificărilor chimice și structurale ce intervin în procesul de sudare.

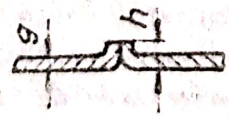
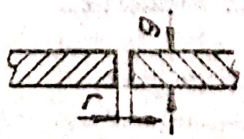
In multe situații, deoarece interacțiunea metal lichid-flacără are ca rezultat diminuarea prin oxidarea unor elemente de aliere este necesară folosirea de materiale de adaos cu conținuturi mărite în elemente de aliere comparativ cu metalul de bază.

Sudarea oțelurilor înalt aliate, a fontei precum și a metalelor și aliajelor neferoase necesită utilizarea de fluxuri în scopul protejării și dezoxidării metalului băii de sudură. Compoziția fluxurilor este determinată de tipul metalului de bază.

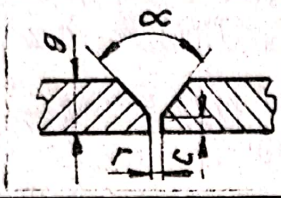
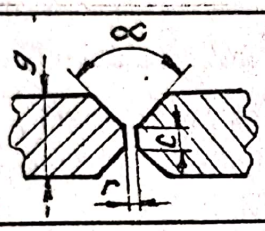
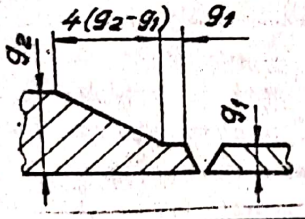
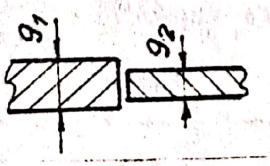
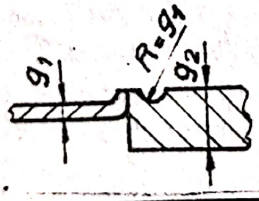
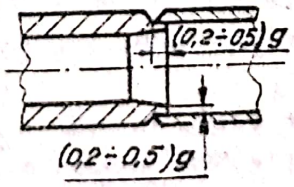
5.1.4. Geometria rostului. Alegerea corectă a formei și dimensiunilor rostului determină în mare măsură calitatea îmbinării. Pentru un anumit metal de bază geometria rostului este determinată de: grosimea componentelor; tipul îmbinării; poziția de sudare.

In tabelele 5.1 și 5.2 se indică modul de pregătire a rosturilor la sudare cap la cap și respectiv de colț în cazul componentelor din oțel carbon și oțeluri slab aliate.

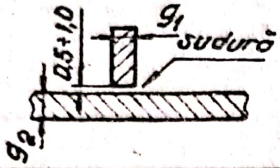
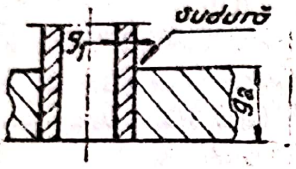
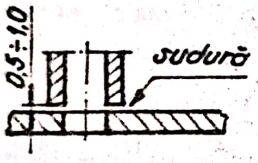
Tabelul 5.1

Geometria rostului	Dimensiuni și domenii de utilizare
	$g \leq 1,5$ $h = (1,5...2)g$
	$g = 1,5...4$ $g < 2 \rightarrow r = 0$ $g > 2 \rightarrow r = 0,5\ g$

Tabelul 5.1 (continuare)

	g > 4 ... r = 1,5...2 c = 1,5...2 α = 70-90°
	g > 12 r = 2...4 c = 1,5...3 α = 70-90°
	Se utilizează în cazul structurilor puternic solicitate
	Se utilizează cînd diferenţa dintre g_1 şi g_2 este mică. Diferenţa (g_2-g_1) se repartizează uniform pe cele două părţi ale îmbinării
	Se utilizează cînd $g_2 \gg g_1$ (de exemplu $g_1 = 4, g_2 = 12$)
	Se utilizează la ţevi

Tabelul 5.2

Geometria rostului	Dimensiuni și domenii de utilizare
	Se utilizează cînd $g_1 \simeq g_2$ $c = 0,5...1$
	Se utilizează la îmbinări țeavă-flanșă cînd $g_1 \ll g_2$
	Se utilizează la îmbinarea unei țevi cu diametru mic pe o virolă cu diametru foarte mare $c = 0,5...1$
	Pentru structuri ce nu sînt solicitate puternic

5.1.5. Tehnica de sudare. Sudarea cu flacără de gaze solicită în mod deosebit îndemînarea sudorului și impune cunoașterea unor tehnici specifice. Aplicarea acestor tehnici face posibilă obținerea unor îmbinări cu caracteristici mecanice corespunzătoare, concomitent cu utilizarea optimă a energiei calorice degajată de flacără.

Mișcarea executată de suflai în timpul sudării se poate descompune în două componente: o mișcare transversală față de axa rostului în scopul topirii metalului de bază; o mișcare în lungul rostului cu viteza de sudare.

Poziția relativă dintre metalul de adaos și suflai în timpul mișcării în lungul rostului definește două metode distincte de sudare:

- sudarea spre stînga, cînd metalul de adaos se deplasează înaintea arzătorului (sudare înainte);
- sudarea spre dreapta, cînd suflaiul se deplasează înaintea metalului de adaos (sudare înapoi).

5.1.5.1.Sudarea spre stînga se utilizează cu precădere la îmbinarea componentelor de grosimi reduse ($g < 5$ mm) deoarece flacăra fiind dirijată în lungul rostului se reduce pericolul de străpungere a metalului de bază.

In figurile 5.1 se prezintă tipuri de îmbinări indicate a se realiza prin utilizarea acestei metode de sudare.

Imbinările cap la cap în poziţie orizontală (fig.5.1,a) se pot executa, în funcţie de grosimea metalului de bază, cu sau fără metal de adaos. Pentru grosimi $g < 2$ mm sudarea se execută fără metal de adaos folosind rosturi cu marginii răsfrînte.

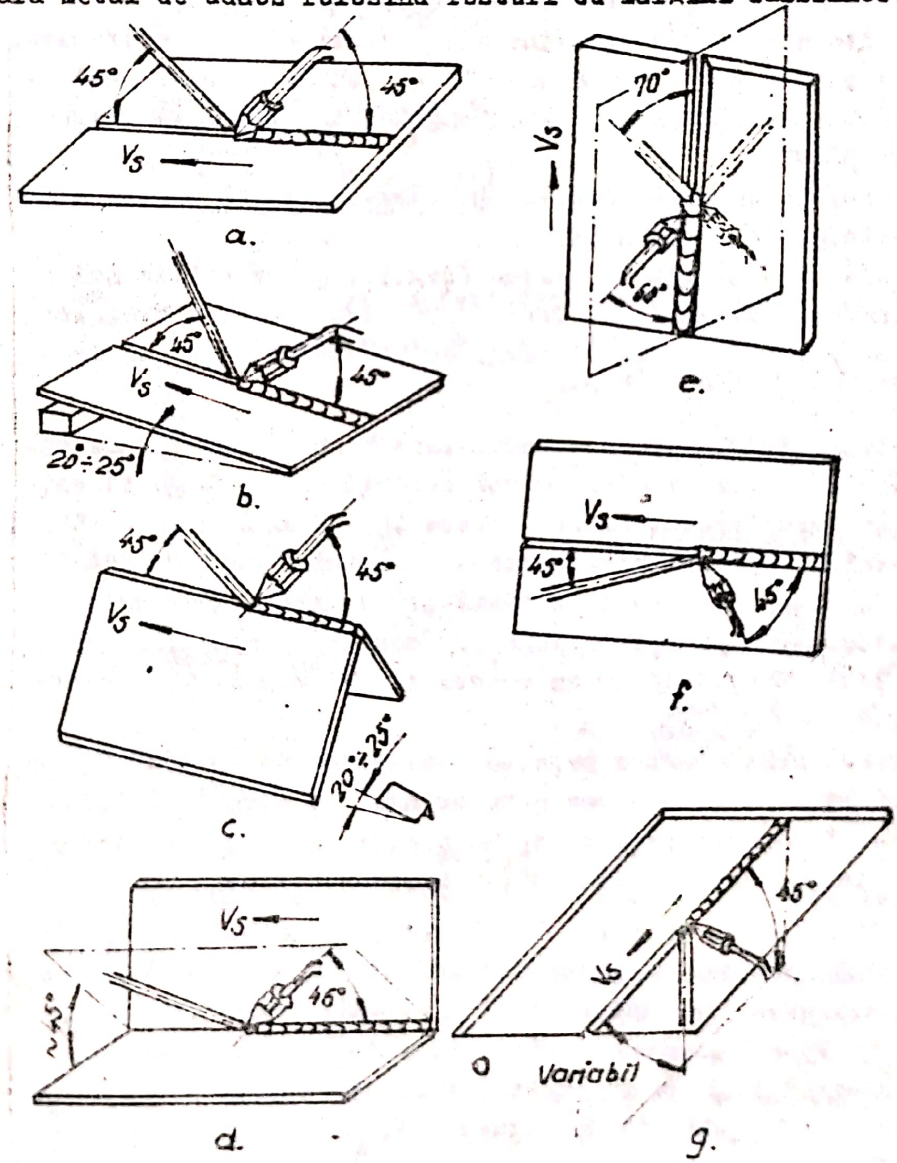


Fig.5.1.- Tipuri de îmbinări executate prin utilizarea metodei de sudare spre stînga

Imbinările cap la cap în poziţie urcătoare (fig.5.1,b), se utilizează pentru asamblarea componentelor cu grosimi g ≤ lo mm. In cazul tablelor cu g > 5 mm rostul se prelucrează în V cu un unghi de 8o-9o°.

Imbinările de colţ exterior (fig.5.1,c), respectiv interior (fig.5.1,d), se pot aplica pentru asamblări de componente cu g ≤ 5 mm.Acest tip de îmbinare este indicată a se folosi pentru structuri ce nu sînt supuse la solicitări puternice.

In figurile 5.1 e şi f, sînt prezentate îmbinări realizate în plan vertical. Sudarea verticală ascendentă (fig.5.1 e) se poate utiliza atît pentru grosimi mici, dintr-o singură trecere, cu rost prelucrat în I (g ≤ 6 mm) cît şi pentru grosimi mari la care rostul se prelucrează în X cu unghiul de 8o° şi se execută din ambele părţi.

Sudarea în cornişă (fig.5.1 f) este utilizată pentru asamblarea tablelor de maxim 6 mm.

Sudarea cap la cap de plafon (fig.5.1 g) se utilizează fără prelucrarea marginilor (rost I), în cazul sudării tablelor cu g < 5 mm, sau cu rost în V (unghi de 7o°)pentru grosimi de 5-lo mm.

5.1.5.2. Sudarea spre dreapta permite realizarea unor viteze de sudare mai mari ca în cazul sudării spre stînga şi este folosită la asamblarea tablelor groase (g > 5 mm). Atît cusătura cît şi metalul de adaos sînt protejate pe toată durata sudării de flacără, care realizează totodată şi un tratament termic. Comparativ cu sudarea spre stînga se constată o creştere cu 2o-25% a productivităţii la un consum de gaz combustibil redus cu lo-15%.

Sudarea spre dreapta permite realizarea de îmbinări identice celor obţinute la sudarea spre stînga. In figura 5.2 sînt prezentate: îmbinarea cap la cap în poziţie orizontală (fig.5.2 a); îmbinarea în cornişă (fig.5.2 b); îmbinarea vertical ascendentă (fig.5.2 c).

5.1.3.3. Poziţia şi mişcările suflaiului asigură în mare măsură realizarea unei îmbinări fără defecte. Suflaiul se deplasează în lungul rostului avînd diuza în planul bisector.

Inclinarea faţă de suprafaţa tablelor depinde de grosimea acestora şi este indicată în figura 5.3.

Topirea ambelor margini ale rostului impune executarea de mişcări transversale al căror aspect depinde de grosimea

componentelor de sudat (fig.5.4).

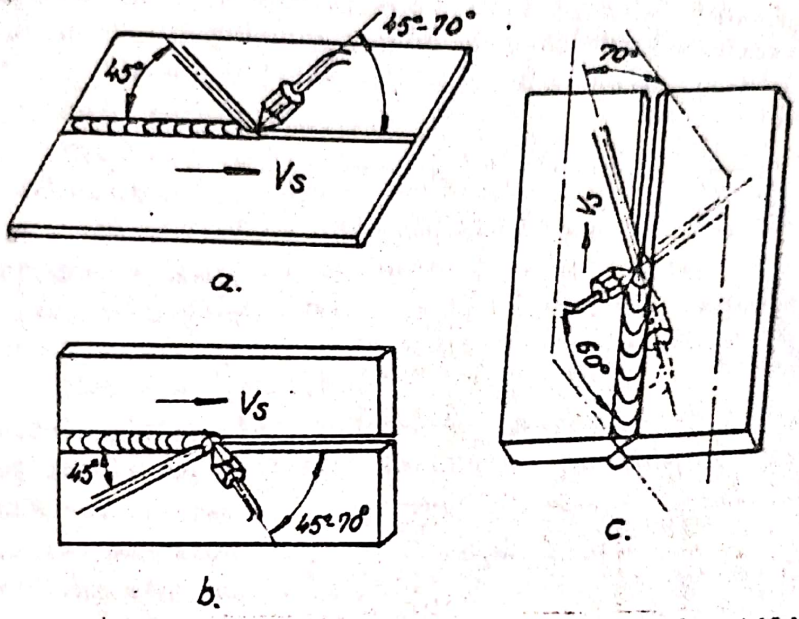


Fig.5.2.-Tipuri de îmbinări executate prin utilizarea metodei de sudare spre dreapta

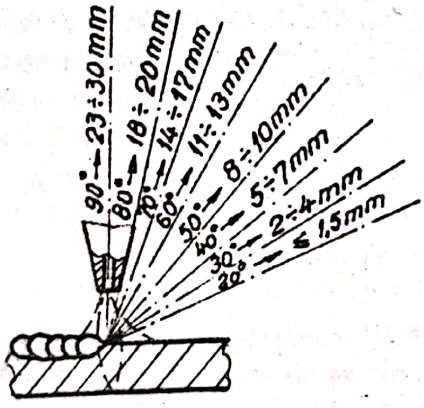


Fig.5.3.-Inclinarea diuzei arzătorului față de suprafața componentelor ce se sudează

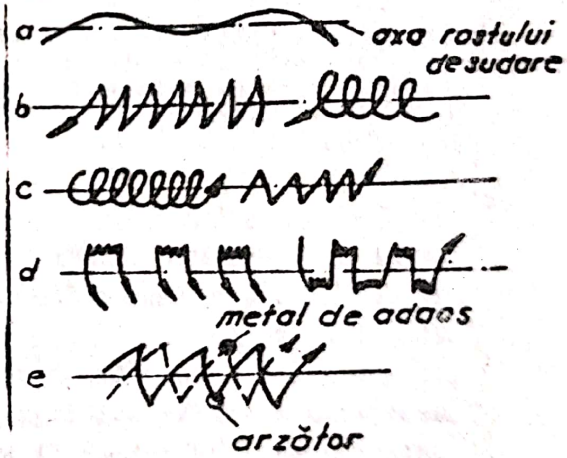


Fig.5.4.-Mișcările transversale ale suflaiului și metalului de adaos în funcție de grosimea componentelor: a)$g < 1,5$mm; b)$g = 2...10$mm; c)$g = 11-30$mm; d)$g_1 \neq g_2$, e)poziția metalului de adaos și a arzătorului.

Repartizarea uniformă a metalului de adaos în lungul rostului determină plasarea acestuia în opoziție cu diuza arzătorului(Fig.5.4 e).

5.1.6. Defecte ale sudurilor realizate cu flacără de gaze.

In figura 5.5 sînt prezentate principalele defecte ale sudurilor executate cu flacără de gaze defecte generate de alegerea incorectă a tehnologiei de sudare:

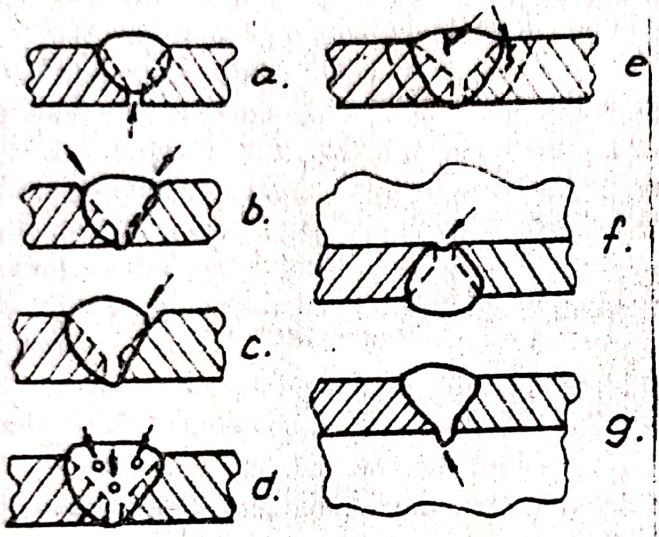


Fig.5.5.-Defecte ale sudurilor cu flacără de gaze: a)nepătrundere;b)crestături;c)lipsă de topire;d)incluziuni; e)fisuri;f)retasură la rădăcină;g)exces de pătrundere

- nepătrundere.Apariţia acestui defect are drept cauze:alegerea necorespunzătoare a puterii arzătorului;viteză mare de sudare;poziţionare incorectă a componentelor;
- crestături. Acest defect poate apărea pe ambele margini ale cusăturii, continuu sau întrerupt. Cauzele apariţiei sînt: putere prea mare a arzătorului;viteză mică de sudare;
- lipsă de topire.Defectul apare în cazul alegerii necorespunzătoare a formei rostului;
- incluziuni de gaze şi incluziuni solide. Alegerea incorectă a structurii flăcării sau a unei viteze prea mari de sudare constituie principalele cauze ce conduc la apariţia acestor tipuri de defecte;
- fisuri. Mecanismul apariţiei fisurilor este complex şi exceptînd situaţii utilizării unor materiale de bază necorespunzătoare rolul principal îl are alegerea incorectă a tehnologiei de sudare (metalul de adaos utilizat,viteza de sudare,viteză de răcire);
- retasură la rădăcină. Defectul apare la sudarea ţevilor şi este generat de aceleaşi cauze ce produc nepătrunderea;
- exces de pătrundere. Ca şi precedentul defect apare la sudarea ţevilor şi se datorează utilizării unui arzător cu putere prea mare sau unei viteze mici de sudare.

De menţionat că una din cauzele care poate duce la apariţia oricărui din defectele menţionate o constituie slaba calificare a sudorului.

5.2. Sudarea oţelurilor

Peste 90% din totalul structurilor sudate sînt realizate folosind ca material de bază oţelurile. Oţelurile se pot clasifica după diferite criterii cum ar fi: metoda de elaborare, clasa de calitate, destinaţia, starea structurală, compoziţia chimică, ş.a. Din punct de vedere al studiului comportării la sudare, gruparea oţelurilor după compoziţia chimică prezintă o importanţă deosebită. Sub acest aspect oţelurile se împart în următoarele categorii (STAS R 7171-72): oţeluri carbon - de uz general, de calitate, superioare; oţeluri slab aliate; oţeluri aliate (mediu şi înalt aliate) - obişnuite, superioare.

In tabelul 5.3 sînt indicate conţinuturile procentuale din fiecare element care determină încadrarea oţelului în categoria respectivă.

Tabelul 5.3

Elemente de aliere	Conţinutul % pe categorii			
	Oţel carbon	Oţel slab aliat	Oţel aliat	
			mediu	înalt
Siliciu	< 0,5	0,5...1,1	>1,1...6,0	>6,0
Mangan	< 0,8*)	0,8**)...1,8	>1,8...6,0	>6,0
Crom	< 0,3	0,3....0,5	>0,5...6,0	>6,0
Nichel	< 0,3	0,3...0,5	>0,5...4,5	>4,5
Molibden	< 0,05	0,05...0,1	>0,1...1,0	>1,0
Vanadiu	< 0,05	0,05...0,1	>0,1...1,0	>1,0
Titan	< 0,04	> 0,04		
Bor	< 0,0005	> 0,0005		
Wolfram	< 0,2	0,2...0,3	>0,3...4,0	>4,0
Cobalt	< 0,2	0,2...0,3	>0,3...1,0	>1,0
Aluminiu	< 0,3		> 0,30	
Cupru	< 0,4		> 0,40	
Plumb	< 0,4		> 0,40	
Suma	< 5		> 5...10	>10

*) pentru oţelul turnat în piese Mn < 0,9%

**) pentru oţelul turnat în piese Mn = 0,9...1,8%

Oţelul carbon este oţelul care nu conţine, în mod voit alte elemente în afară de: fier, carbon şi acelea impuse de procesul tehnologic de elaborare şi turnare, adică Mn, Si, Al. In funcţie de domeniul de utilizare al oţelului carbon, acestea pot conţine

elemente special introduse care: conferă stabilitate în timp (Al,Ti); coboară pragul de fragilitate la rece (Al); uşurează prelucrabilitatea prin aşchiere (S,P,Pb). Celelalte elemente conţinute în oţelul carbon sînt impurităţi datorate elaborării.

Oţelurile slab aliate şi aliate sînt oţeluri în care elementele de aliere au fost introduse cu scopul influenţării caracteristicilor fizice,mecanice,chimice.

Oţelurile aliate superioare se deosebesc de oţelurile aliate obişnuite prin reducerea procentelor admise de S şi P, prin prescrierea de condiţii suplimentare privind conţinutul maxim în impurităţi. Aceste oţeluri sînt adeseori caracterizate prin starea structurală conferită de elementele de aliere: oţeluri feritice,austenitice,perlitice,ledeburitice,martensitice.

5.2.1. Sudarea oţelurilor carbon

Oţelurile carbon se clasifică după utilizare şi compoziţie în: oţeluri de construcţie (0...0,65% C);oţeluri de scule (0,65...1,5% C).

Conţinutul de carbon determină variaţia cantitativă a constituienţilor şi implicit proprietăţile mecanice ale acestor oţeluri. Conform figurii 5.6 rezistenţa la rupere, R_m, creşte atingînd valoarea maximă în apropiere de concentraţia eutectoidă după care scade datorită apariţiei cementitei secundare. Caracteristicile de plasticitate (alungirea A,gîtuirea Z şi rezilienţa KCU) se reduc cu creşterea conţinutului de carbon.

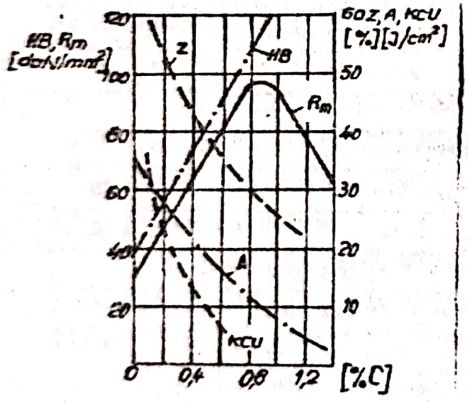


Fig.5.6.-Influenţa conţinutului de carbon asupra proprietăţilor mecanice ale oţelurilor

Elementele însoţitoare din oţelurile carbon sînt impurităţi provenite din procesul de elaborare cantităţile maxime fiind limitate: 0,60% Si;0,80% Mn;0,06% P;0,06% S; 0,05% O;0,03% N.

Aceste elemente influenţează diferit caracteristicile mecanice:siliciul, care se dizolvă complet în ferită,îmbunătăţeşte proprietăţile mecanice; manganul, adăugat la elaborare pentru dezoxidare şi desulfurare, se dizolvă în perlită mărind duritatea şi rezistenţa oţelului; fosforul generează apariţia defectului cunoscut sub denumirea de fragilitate la rece (oţelurile cu P> 0,3o% îşi

pierd aproape complet rezilienţa); sulful formează cu fierul sulfura FeS, ce cristalizează ca eutectic Fe-FeS la 985°C şi produce fisurarea la cald; oxigenul formează în oţel oxizii FeO şi MnO ce constituie incluziuni fragile. Oxigenul poate forma şi incluziuni de gaze (O_2,CO,CO_2) care dau porozităţi în timpul solidificării; azotul apare în oţel sub formă de nitrură, Fe_4N, care precipitînd la temperatura ambiantă produce îmbătrînirea oţelurilor moi (C< 0,1%).

Oţelurile carbon destinate realizării structurilor sudate sînt prezentate în tabelul 5.4. Oţelurile OL 60 şi OL 70 sînt destinate executării organelor de maşini.

Tabelul 5.4

Marca oţelului	Clasa de calitate	Compoziţia chimică,%,max								Gradul de dezoxidare
		Pe oţel lichid	Pe produs	Pe oţel lichid	Pe produs	Pe oţel lichid	Pe produs	Pe oţel lichid	Pe produs	
OL32	1;1a;1b	0,12	0,15	0,55	0,60	0,050	0,055	0,050	0,055	-
OL34	1;1a;1b	0,15	0,17	0,55	0,60	0,050	0,055	0,050	0,055	-
OL37	1;1a;1b	0,20	0,25	0,80	0,85	0,060	0,065	0,060	0,065	-
	2	0,18	0,22	0,80	0,85	0,050	0,055	0,050	0,055	-
	3	0,17	0,19	0,80	0,85	0,045	0,050	0,045	0,050	K,Kf
	4	0,17	0,19	0,80	0,85	0,040	0,045	0,040	0,045	Kf
OL42	1;1a;1b	0,25	0,31	0,80	0,85	0,060	0,065	0,060	0,065	-
	2	0,25	0,31	0,80	0,85	0,050	0,055	0,050	0,055	-
	3	0,23	0,25	0,80	0,85	0,045	0,050	0,045	0,045	K,Kf
OL50	1;1a;1b		0,30	0,80	0,85	0,050	0,055	0,050	0,055	K
OL60	1;1a;1b		0,40	0,80	0,85	0,050	0,055	0,050	0,055	K
OL70	1;1a;1b		0,50	0,80	0,85	0,050	0,055	0,050	0,055	K
OL30	-		-	-	-	0,080	0,085	0,080	0,085	-

Sudabilitatea oţelurilor carbon de uz general (C≤ 0,50%) şi a oţelurilor carbon de calitate (C≤ 0,65%) implică analiza modificărilor structurale din ZIT.

Conform STAS 7194-79 sudabilitatea se poate aprecia pe baza conţinutului de carbon echivalent calculat conform relaţiei :

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+V+Mo}{5} + \frac{Cu+Ni}{15} \ [\%] \qquad (5.3)$$

Valorile orientative pentru limitele carbonului echivalent pînă la care se poate executa sudarea fără precauţii speciale sînt date în tabelul 5.5.

Tabelul 5.5

Rezistenţa la rupere a oţelului, Rm [N/mm^2]	Grosimea maximă a elementelor îmbinării [mm]	Conţinutul maxim				Carbonul echiv. maxim [%]
		C	Mn	Si	P sau S	
370...500	0,40	0,22	1,50	0,40	0,05	0,41
500...700	25	0,20	1,60	0,55	0,04	0,45
	25..40	0,20	1,60	0,55	0,04	0,41

Observaţie: In toate cazurile conţinutul maxim de nobiu va fi de 0,05% iar de vanadiu de 0,15%

In baza acestor recomandări se analizează comportarea la sudare a oţelurilor carbon prezentînd două cazuri distincte:

a) oţeluri la care C< 0,20% şi C_e < 0,45%. Oţelurile din această categorie au o sudabilitate bună. Fişia de supraîncălzire din ZIT,ce constitue structura cea mai nefavorabilă,nu afectează semnificativ caracteristicile mecanice ale îmbinării astfel că, sudarea acestor oţeluri se realizează fără măsuri speciale;

b) oţeluri cu C> 0,25%. La aceste oţeluri apariţia în ZIT a constituienţilor fragili,de tip bainito-martensitic,constituie principala problemă ce determină sudabilitatea. Metodele de prevenire a apariţiei constituenţilor de călire se bazează pe utilizarea preîncălzirii componentelor care va avea ca efect scăderea vitezei de răcire sub viteza critică de călire.

5.2.1.1.Puterea arzătorului se determină cu relaţia:

$$P = (120...150)g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.4)$$

Numărul arzătorului se alege din tabelul 4.1.

5.2.1.2.Compoziţia flăcării. Influenţa compoziţiei flăcării asupra caracteristicilor îmbinării (prezentată în figura 5.7) studiată în cazul sudării a 4 tipuri de oţeluri, a permis stabilirea următoarelor dependenţe:

- rezistenţa la rupere Rm are valoarea maximă pentru β = 0,9...1,0;
- alungirea maximă,A, se atinge pentru β = 0,9...1,1;
- rezistenţa maximă se obţine la β= 0,9...1,1;
- duritatea se reduce odată cu scăderea volumului de gaz combustibil (β= 0,9).

Diagramele de echilibru ale fierului şi oxizilor săi cu fazele gazoase (fig.4.5,cap.IV),au stabilit că utilizarea unei flăcări normale determină reducerea oxizilor din baia metalică.

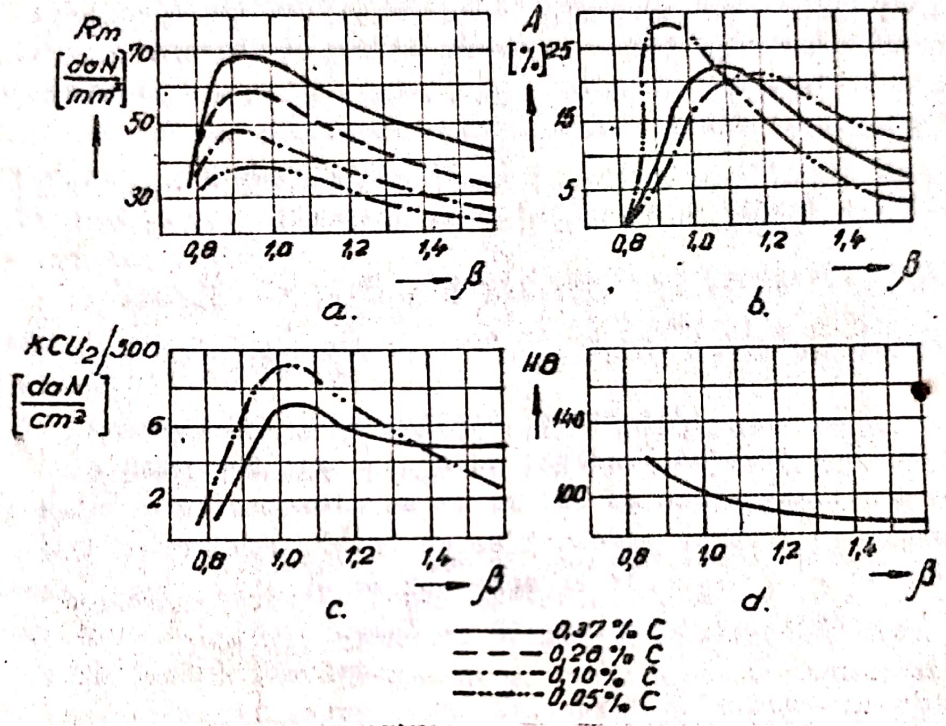


Fig.5.7.- Dependenţa caracteristicilor mecanice ale oţelurilor carbon de compoziţia flăcării

Din cele prezentate rezultă deci că utilizarea unei flăcări normale ($\beta \simeq 1$) este cea mai indicată în cazul sudării oţelurilor carbon. La oţelurile cu C > 0,3o%, pentru compensarea arderilor, se va utiliza o flacără cu β = 1,o...1,2.

5.2.1.3.Metalul de adaos şi fluxul

Metalul de adaos utilizat la sudarea oţelurilor carbon îl constituie sîrma din mărcile Slo,SloMnl,Sl2Mn2, debitată sub formă de vergele.

Diametrul vergelei se alege conform relaţiilor:

- $d = 0,5g + 1mm$, pentru sudarea spre stînga,
- $d = 0,5g$, pentru sudarea spre dreapta.

In tabelul 5.6 sînt date compoziţiile chimice ale sîrmelor în procente.

Tabelul 5.6

Marca	maxC	Mn	maxSi	Cr	Ni	maxP	maxS
Slc	0,1o	0,4o-0,6o	0,o3	0,2o	0,3o	0,o3	0,o3
Slo4nl	0,1o	0,8o-1,2o	0,1o	0,2o	0,3o	0,o3	0,o3
Sl2Mn2	0,12	1,8o-2,2o	0,15	0,2o	0,3o	0,o3	0,o3

In cazul sudării oţelurilor carbon nu este necesară folosirea fluxurilor.

5.2.1.4.Geometria rostului. Forma şi dimensiunile rostului se vor alege conform indicaţiilor din tabelele 5.1 şi 5.2.

5.2.1.5.Tehnica de sudare. Sudarea oţelurilor cu C > 0,25% necesită aplicarea unei preîncălziri la 15o-2oo°C, temperatura de preîncălzire fiind direct proporţională cu creşterea conţinutului de carbon.

Stabilirea tehnicii de sudare (metoda de sudare, poziţia şi mişcările suflaiului) se vor alege conform indicaţiilor prezentate la punctul 5.1.5.

5.2.1.6.Tratamente termice. In cazul îmbinărilor oţelurilor cu C > 0,3o% se recomandă aplicarea următoarelor tratamente:

- detensionarea prin ciocănire uşoară la 7oo-8oo°C,
- recoacere de omogenizare la 78o-82o°C.

5.2.2. Sudarea oţelurilor austenitice crom-nichel

Oţelurile austenitice Cr-Ni conţin ca principale elemente de aliere 18% Cr şi 8% Ni. Însemnătatea deosebită a acestor oţeluri constă în faptul că reunesc un număr foarte mare de proprietăţi speciale pe care nu le posedă nici un alt tip de aliaj: rezistenţă la coroziune în aer,apă şi la anumiţi agenţi chimici (inoxidabilitate), tenacitate şi rezistenţă la temperaturi negative, capacitate înaltă de ecruisare, rezistenţă la oxidare la temperaturi ridicate, refractaritate.

Elementele de aliere, care determină aceste proprietăţi, acţionează în mod deosebit asupra anumitor caracteristici:

- cromul conferă rezistenţă la coroziune şi oxidare.Pînă la 12÷15% Cr este influenţată în mod favorabil rezistenţa la oxidare în medii uscate şi temperaturi înalte. Prin creşterea conţinutului de crom la valori de peste 12...15% oţelul devine rezistent şi la acţiunea unor medii apoase. Cea mai defavorabilă acţiune asupra acestor proprietăţi o are carbonul;
- nichelul îmbunătăţeşte caracteristicile mecanice la

temperaturi înalte şi totodată acţionează favorabil asupra rezistenţei la coroziune. El determină structura oţelului, respectiv structura austenitică.

Sudabilitatea oţelurilor austenitice Cr-Ni 18/8 este influenţată de: sensibilitatea la fisurare a cusăturii; apariţia fenomenelor de coroziune; formarea fazei intermetalice σ .

Analiza cauzelor ce determină apariţia acestor fenomene permite stabilirea remediilor necesare realizării unor îmbinări corespunzătoare:

a. Fisurarea cusăturii apare la temperaturi ridicate, peste 1200°C, în timpul solidificării şi are caracter intercristalin. Sensibilitatea spre fisurare este influenţată diferit de elementele de aliere;

- nichelul, favorizează apariţia fisurilor prin formarea eutecticului Ni-Ni_3S_2, ce se topeşte la 625°C şi a altor compuşi uşor fuzibili cu Si, Nb, B;
- manganul are o acţiune favorabilă;
- carbonul are o acţiune complexă determinată mai ales de prezenţa unor elemente ca Ti şi Nb. La concentraţii de 0,06...0,14% C, în prezenţa Ti şi Nb, se formează carburi şi ulterior eutectice uşor fuzibile ce favorizează fisurarea. La conţinuturi mari de carbon (0,30...0,50% C) se produce o finisare a granulaţiei ce împiedică fisurarea;
- siliciul favorizează fisurarea prin formarea unor filme de silicaţi uşor fuzibili;
- wolframul, vanadiul şi molibdenul au influenţă favorabilă;
- sulful şi fosforul sînt elemente nedorite.

Apariţia şi dezvoltarea fisurilor este favorizată de caracteristicile termofizice ale metalului de bază ce conduc la tensiuni şi deformaţii mari: conductivitate termică redusă şi coeficient mare de dilatare.

b. Corodarea îmbinărilor se prezintă sub diferite forme. Cea mai des întîlnită formă, ce diminuează substanţial rezistenţa mecanică a îmbinării, este coroziunea intercristalină. Zonele afectate de coroziune pot fi situate în cusătură, în apropierea liniei de fuziune, iar cel mai frecvent în ZIT. Coroziunea porţiunii din ZIT se produce într-un interval de temperaturi cuprins aproximativ între 450-800°C.

Apariţia coroziunii intercristaline se datorează faptului că majoritatea oţelurilor austenitice au procente de carbon ce depăşesc limita de solubilitate. Ca urmare, cromul precipită sub formă de carburi la limitele grăunţilor. Acest fenomen, bazat pe difuzie, duce la scăderea conţinutului de crom sub 12% procent sub care dispar caracteristicile de inoxidabilitate.

c) Formarea fazei σ, compus intermetalic Fe-Cr, caracterizat prin duritate şi fragilitate mari, reduce plasticitatea metalului.

Faza σ apare după sudare în zonele ce au fost încălzite la temperaturi cuprinse în intervalul 600-900^{0}C.

5.2.2.1.Puterea arzătorului se determină cu relaţia:

$$P = (75...80)g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.3)$$

Alegerea unor arzătoare de puteri reduse micşorează probabilitatea de apariţie a coroziunii intercristaline.

5.2.2.2.Compoziţia flăcării. Sudarea se execută cu flacără normală. Flacăra oxidantă are ca efect formarea oxidului Cr_2O_3, care afectează îndeosebi rădăcina cusăturii, producînd apariţia fisurilor. Oxidul Cr_2O_3 este dur şi fragil.

5.2.2.3.Metalul de adaos şi fluxul. Sudarea oţelurilor austenitice Cr-Ni 18/8 se realizează utilizînd sîrme bogat aliate, Cr-Ni 25/20, şi cu elemente stabilizatoare Ti,Nb. Folosirea acestor materiale de adaos compenseazâ arderile şi reduce pericolul apariţiei coroziunii intercristaline.

Pentru a împiedica oxidarea băii de metal lichid se indică folosirea următoarelor fluxuri: 50% H_3BO_3, 40% $Na_2B_4O_7$ 10% CaF_2 sau 50% H_3BO_3, 50% $Na_2B_4O_7$.

5.2.2.4.Geometria rostului. Prelucrarea rostului este necesară la sudarea componentelor cu grosimi $g > 5$ mm. Inainte de începerea sudării este indicată aplicarea unui strat de flux pe suprafaţa rostului.

5.2.2.5.Tehnica de sudare. Sudarea se execută cu viteză maximă, fără întrerupere şi fără a se efectua mişcări laterale cu arzătorul. Această tehnică de sudare evită supraîncălzirea metalului de bază.

In scopul micşorării deformaţiilor se recomandă utilizarea unui suport de cupru pe care componentele să fie rigid fixate. Pentru a împiedeca deschiderea rostului este necesară prinderea

provizorie, care se execută în aceleaşi condiţii cu sudarea. Conform schemei din figura 5.8, începerea sudării se realizează de la 25...5o mm de marginea componentelor cînd g<5 mm şi respectiv 5o...1oo mm cînd g>5 mm şi după executarea cordonului I se revine şi se sudează porţiunea de început (cordonul II).

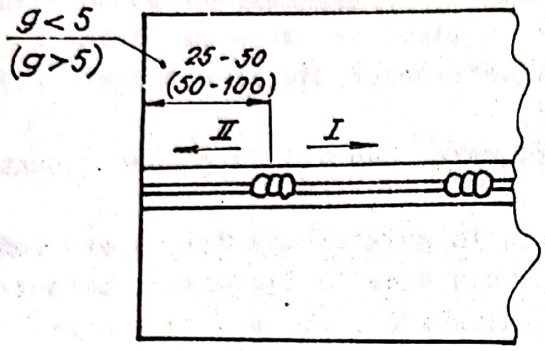


Fig.5.8.- Ordinea executării cordoanelor la începerea sudării

5.2.2.6.Tratamente termice. Inlăturarea pericolului de apariţie a coroziunii intercristaline se realizează prin încălzire la 1loo-115o°C, menţinere pentru dizolvarea carburilor şi răcire în apă. Inlăturarea sigmatizării se realizează prin încălzirea îmbinării la aproximativ 1ooo°C timp de 2...4 ore.

5.3. Sudarea fontei

Fontele sînt aliaje ale fierului cu carbonul în care conţinutul de carbon depăşeşte două procente. Din punct de vedere al comportării la sudare,clasificarea fontelor după cantitatea de grafit prezintă deosebită importanţă: fontele cenuşii sînt fontele în care carbonul se prezintă sub formă de grafit (carbon liber) în cea mai mare parte. Fontele albe nu prezintă carbon în stare liberă şi sînt caracterizate prin duritate şi fragilitate mare, sudarea efectuîndu-se numai în cazuri deosebite.

Structura fontelor este determinată de acţiunea a doi factori: compoziţia chimică şi viteza de răcire.

Compoziţia chimică reprezintă conţinutul elementelor de bază ale fontei (C,Si,Mn,P şi S), elementele de aliere, conţinutul de gaze şi incluziuni şi conţinutul de elemente însoţitoare (impurităţi).

Grafitizarea carbonului poate fi favorizată sau frînată şi, din acest punct de vedere, elementele se împart în:

- elemente grafitizante: C,Si,Al,Ni,Co,Cu,Ti;
- elemente antigrafitizante: Mn,Sn,V,B,Mo,W.

Viteza de răcire influenţează structura fontelor în sensul că odată cu creşterea ei scade posibilitatea de separare a

carbonului sub formă de fontă albă.

Sudarea fontelor este utilizată în majoritatea situaţiilor ca operaţiune de: recondiţionare a pieselor uzate sau deteriorate în exploatare; remediere a defectelor pieselor turnate (fisuri,pori,retasuri,sufluri).

Comportarea la sudare a fontelor cenuşii este condiţionată de următoarele aspecte:

- la viteze mari de răcire, în cusătură şi ZIT, apare fonta albă,dură (HB $\geq$500) şi fragilă, care duce la fisurarea îmbinării;
- tensiunile interne, determinate de procesul de sudare, favorizate de caracteristicile reduse de plasticitate ale fontelor comparativ cu oţelurile, constitue cauza fisurării cusăturii şi ZIT;
- absorbţia intensă de gaze de către baia de metal (formarea de CO,CO_2,absorbţia de H_2) duce la formarea porilor;
- fluiditatea ridicată a fontelor favorizează scurgerea de metal din cusătura aflată în stare lichidă.

Sudarea fontei se poate realiza prin două metode: la rece (fără preîncălzire); cu preîncălzire. Alegerea metodei de sudare este determinată de grosimea piesei şi condiţiile de exploatare.

Sudarea la rece se aplică în cazul recondiţionării pieselor de mici dimensiuni, a căror configuraţie permite ca dilatarea şi contracţia să se realizeze liber. Referitor la condiţiile de exploatare, domeniul de utilizare al acestei metode de sudare este limitat la piesele supuse la solicitări mecanice reduse sau la care nu se cer condiţii de etanşeitate. De remarcat faptul că apariţia fontei albe în cusătură şi ZIT înlătură în majoritatea cazurilor posibilitatea prelucrării ulterioare,prin aşchiere, a reperelor.

Sudarea cu preîncălzire, între 500 şi 650°C, este utilizată la recondiţionarea pieselor cu grosimi mari, puternic solicitate. Comparativ cu sudarea la rece această metodă prezintă următoarele avantaje:

- datorită vitezei mici de răcire se obţine o îmbinare omogenă în sensul că metalul de bază şi cusătura sînt ambele constituite din fontă cenuşie;
- absenţa fontei albe în ZIT permite prelucrarea prin aşchiere a piesei recondiţionate. Acest aspect prezintă importanţă deosebită în cazul în care cusătura s-a executat pe o suprafaţă a cărei precizie dimensională condiţionează posibilitatea

reintroducerii în exploatare a piesei. In figura 5.9 este prezentată influenţa temperaturii de preîncălzire asupra durităţii îmbinării sudate;

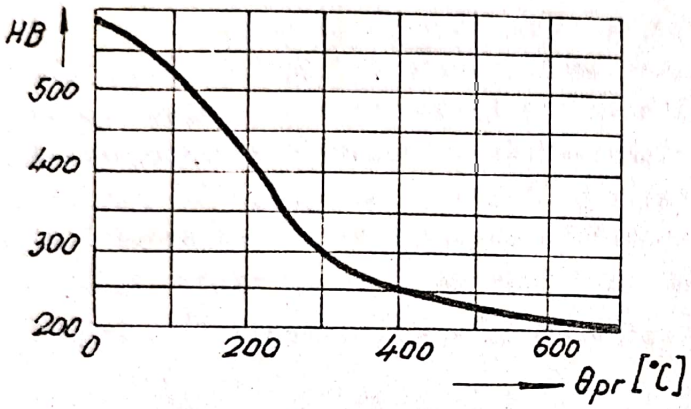


Fig.5.9.-Corelaţia dintre temperatura de preîncălzire şi duritatea îmbinării

- sudura nu este atacată în medii corozive;
- pericolul de fisurare este redus deoarece preîncălzirea realizează detensionarea îmbinării.

Preîncălzirea pieselor în vederea sudării poate fi realizată local sau în totalitate.

Incălzirea locală se aplică în cazul în care dilatarea şi contracţia nu sînt împiedicate sau în situaţia în care gabaritul piesei face imposibilă încălzirea în totalitate.Aplicarea încălzirii locale este condiţionată de configuraţia geometrică a piesei şi de locul în care se află fisura.

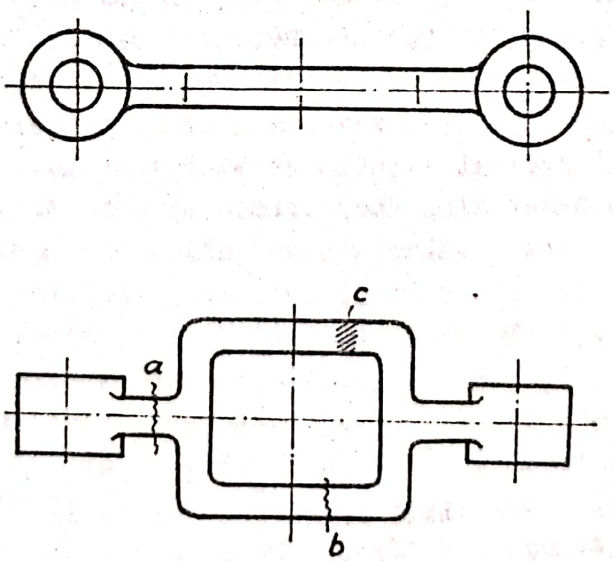


Fig.5.1o.- Alegerea zonelor de preîncălzire în funcţie de configuraţia piesei şi poziţia fisurii

In figura 5.1o este prezentat modul de aplicare a preîncălzirii locale în cazul în care piesa prezintă două fisuri, notate cu a şi b. Fisura din a,poate fi remediată preîncălzind numai zona adiacentă locului de sudare deoarece dilatarea nu este împiedicată.

In cazul fisurii din b, este necesară preîncălzirea atît la locul de sudare cît şi a porţiunii haşurate C,deoarece în timpul sudării dilatarea braţului ar duce la închiderea rostului şi ulterior la fisurarea piesei.

Preîncălzirea se execută în cuptoare electrice sau folosind arzătoarele de sudură.

5.3.1.Puterea arzătorului se alege în funcţie de metoda de sudare utilizată:

- pentru sudarea la rece

$$P = (12o...15o)g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.6)$$

- pentru sudarea cu preîncălzire

$$P = 1oo.g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.7)$$

5.3.2.Compoziţia flăcării. Se recomandă utilizarea unei flăcări uşor carburante (β = o,9-1,o) pentru a se compensa arderea carbonului şi în acelaşi timp pentru a acoperi în întregime baia de sudură (flacăra carburantă are dimensiuni mari comparativ cu cea normală sau oxidantă).

5.3.3.Metalul de adaos şi fluxul. Metalul de adaos recomandat este constituit din vergele de fontă cenuşie cu conţinut mărit de carbon şi siliciu comparativ cu metalul de bază. Se recomandă următoarea compoziţie a vergelelor: C = 3,o...3,75%; Si = 3,5...4,5; Mn = o,5o...o,8o%; S = o,o3...o,o8%; P = o,6o..o,8o%. Se remarcă conţinutul ridicat de fosfor introdus în scopul fluidizării băii. Vergelele utilizate au lungimi de 4oo...6oo mm şi diametrul 4...2o mm.

Fluxurile utilizate la sudare au rolul de a proteja baia de sudură de acţiunea oxigenului şi de a reduce oxizii formaţi eliminîndu-i în zgură. Se utilizează următoarele fluxuri: 5o% $Na_2B_4O_7$ + 47% $NaHCO_3$ + 3% SiO_2 sau numai borax ($Na_2B_4O_7$).

5.3.4.Geometria rostului. Rosturile pentru sudare,constituite din fisuri,spărturi,retasuri,etc.,se vor preluora la luciu metalic prin polizare, sau cu dalta, în V (7o-9o°) sau U.

Capetele fisurilor se rotunjesc cu raze de 6-lo mm pentru a opri propagarea. Este utilă susţinerea rădăcinii cu plăci de grafit sau azbest dată fiind fluiditatea mare a fontei şi dimensiunile băii de metal lichid.

5.3.5.Tehnica de sudare. Sudarea fontei se execută introducînd vergeaua ce constitue metalul de adaos în baia de metal lichid, unde se topeşte. Topirea în flacără a vergelei este contraindicată deoarece duce la arderea carbonului şi la oxidarea metalului. Baia de sudură va fi continuu amestecată cu vergeaua în scopul degazării ei.

După sudare piesa se va răci lent, odată cu cuptorul sau se va acoperi cu nisip.

5.4. Sudarea cuprului şi aliajele sale

5.4.1.Sudarea cuprului

Cuprul este caracterizat prin conductivitate termică şi electrică deosebit de bune, asociate cu o mare rezistenţă la coroziune în atmosferă. Cuprul conduce căldura şi electricitatea de 11 ori mai bine decît oţelul carbon şi se dilată de 1,3 mai mult. Temperatura de topire este de 1o83°C iar contracţia volumică la solidificare 4,92%.

Proprietăţile mecanice şi tehnologice sînt puternic influenţate de o serie de factori dintre care cei mai importanţi sînt:

1. Temperatura. Prin creşterea temperaturii rezistenţa la rupere a metalului scade puternic,astfel la 2o°C este de aproximativ 25o N/mm^2,la 4oo°C este de 2,5 ori mai mică,iar în domeniul 5oo-6oo°C cuprul devine fragil.

2. Impurităţile prezente în cupru,datorită condiţiilor de elaborare, influenţează diferit caracteristicile metalului. Impurităţi dăunătoare care determină scăderea caracteristicilor mecanice sînt: O,Bi,S şi Pb. Pentru a elimina acţiunea acestor elemente, în compoziţia chimică a mărcilor de cupru ele sînt limitate la următoarele valori: $O_2 \leq$ o,1o%; Bi $\leq$ o,oo3%; S $\leq$ o,o1%; Pb $\leq$ o,o5%.

3. Starea materialului. Caracteristicile mecanice şi tehnologice variază pentru cazurile cînd metalul este recopt sau ecruisat. In stare recoaptă rezistenţa la rupere este 2oo...25o N/mm^2, alungirea relativă 3o...5o%,duritatea 35...4o HB,limita de curgere 11o...12o N/mm^2. In stare ecruisată rezistenţa la rupere,duritatea şi limita de curgere cresc puternic, în schimb alungirea relativă este micşorată de 7 ori.

Toate aceste proprietăţi influenţează direct sudabilitatea cuprului prin următoarele aspecte:

- conductivitatea termică mare disipă rapid căldura în masa metalică a componentelor de sudat. Din acest motiv este necesară aplicarea preîncălzirii la aproximativ 500°C;

- deformaţiile şi respectiv tensiunile datorate coeficientului mare de dilatare liniară pot produce fisurarea cusăturii şi a ZIT. Acest inconvenient este înlăturat prin crearea posibilităţii de contracţie şi dilatare liberă a componentelor la care se adaugă şi efectul favorabil al preîncălzirii;

- apariţia fisurilor de cristalizare şi a porilor. Apariţia fisurilor în cusătură este determinată de două cauze: absorbţia de oxigen în timpul sudării care se adaugă la procentul deja existent în metalul de bază; prezenţa impurităţilor ce formează eutectici uşor fuzibili (plumb şi bismut).

Apariţia porilor în cusătură este legată de absorbţia hidrogenului în metalul lichid. Hidrogenul reacţionează cu Cu_2O şi formează vapori de apă conform relaţiei:

$$H_2 + Cu_2O \rightleftharpoons 2Cu + H_2O \qquad (5.8)$$

Vaporii de apă produc apariţia fisurilor şi porilor, defectul fiind cunoscut sub denumirea de „boală de hidrogen";

- eutecticul $Cu + Cu_2O$ situat la limitele grăunţilor are temperatura de topire mai scăzută (1064°C) decît cuprul (1083°C) şi fragilizează îmbinarea ducînd la apariţia fisurilor. Sudarea componentelor cu un conţinut de oxigen ce depăşeşte 0,386% este imposibilă deoarece la această concentraţie metalul de bază este conţinut în proporţii de 100% din $Cu + Cu_2O$.

5.4.1.1. Puterea arzătorului. In cazul sudării de componente cu grosimi reduse ($g < 8$ mm), fără preîncălzire, puterea arzătorului se determină cu relaţia :

$$P = (190...225)g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.9)$$

Dacă sudarea se execută cu preîncălzire (400-500°C) la grosimi mari a cuprului sau la sudarea simultană cu două arzătoare puterea se determină cu relaţia:

$$P = (100...150)g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.10)$$

5.4.1.2. Compoziţia flăcării. Sudarea cuprului se realizează folosind flacără riguros normală. Flacăra oxidantă provoacă formarea oxizilor Cu_2O şi CuO, iar flacăra carburantă datorită excesului

de H_2 şi CO, rezultate în urma arderii incomplete a acetilenei, produce apariţia „bolii de hidrogen".

5.4.1.3.Metalul de adaos şi fluxul. In cazul sudării cuprului sîrma de adaos şi fluxul trebuie să asigure dezoxidarea băii de sudură şi protecţia faţă de oxigen.

Utilizarea unei sîrme de cupru, cu compoziţie identică cu a metalului de bază şi a boraxului ($Na_2B_4O_7$) duce la obţinerea unui cusături poroase.

Pentru obţinerea unei cusături de calitate sînt posibile două căi:

- folosirea unei sîrme în care se introduce elementul dezoxidant;
- utilizarea unei sîrme de cupru obişnuite şi introducerea dezoxidantului în flux.

La sudarea cuprului de grosime mică procesul de dezoxidare este satisfăcător prin utilizarea dezoxidanţilor în flux. In cazul sudării tablelor groase ($g > 13$ mm) este necesară utilizarea unor sîrme aliate cu fosfor ($P \leq 0{,}2\%$) şi siliciu.

Oxidul cupros este redus de fosfor conform reacţiei:

$$5Cu_2O + 2P \rightleftharpoons P_2O_5 + 10\,Cu \qquad (5.11)$$

Diametrul sîrmei de adaos se calculează cu relaţia:

- pentru $g < 4$ mm:

$$d = 0{,}5\,g + 1 \text{ mm}$$

- pentru $g > 4$ mm:

$$d = 0{,}5\,g + 2 \text{ mm}$$

Componenţii principali ai fluxurilor folosite la sudarea cu flacără a cuprului sînt boraxul ($Na_2B_4O_7$) şi acidul boric (H_3BO_3).

Reducerea oxidului cupric se produce conform reacţiilor:

$$Na_2B_4O_7 \rightleftharpoons 2NaBO_2 + B_2O_3 \qquad (5.12)$$

$$2NaBO_2 + B_2O_3 + CuO \rightleftharpoons 2NaBO_2 + Cu(BO_2)_2 \qquad (5.13)$$

produsele fiind eliminate în zgură.

In acelaşi mod acţionează şi acidul boric:

$$4H_3BO_3 \rightleftharpoons 5H_2O + H_2B_4O_7 \qquad (5.14)$$

$$H_2B_4O_7 \rightleftharpoons 2HBO_2 + B_2O_3 \qquad (5.15)$$

$$2HBO_2 + B_2O_3 + CuO \rightleftharpoons 2HBO_2 + Cu(BO_2)_2 \qquad (5.16)$$

In tabelul 5.7 sînt indicate 8 fluxuri utilizate cu bune rezultate la sudare:

Tabelul 5.7

Componenţi	Compoziţia fluxului %							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Borax	1oo	5o	7o	5o	5o	56	75	2o
Acid boric	-	5o	1o	35	-	-	9	8o
Sare gemă	-	-	2o	-	-	22	11	-
Fosfat acid de sodiu	-	-	-	5o	15	15	-	-
Mangal	-	-	-	-	2o	-	-	-
Acid salicilic	-	-	-	-	15	-	-	-
Carbonat de potasiu	-	-	-	-	-	22	5	-

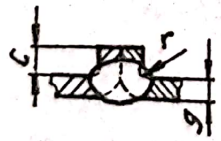
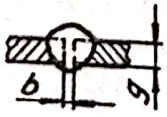
La sudarea cu sîrmă de cupru obişnuită se recomandă fluxurile 4 şi 5. Pentru sudarea cuprului de grosime mică se recomandă fluxurile 1 şi 2. Pentru sudarea cuprului de grosimi mari se recomandă fluxul 7 înlocuind K_2CO_3 cu Na_2CO_3.

Fluxul 6 se poate utiliza la sudarea cuprului de diferite grosimi în cazul metalului de adaos aliat şi nealiat cu fosfor.

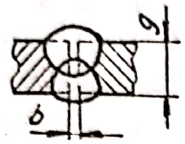
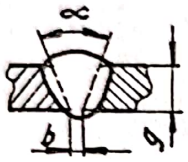
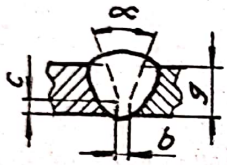
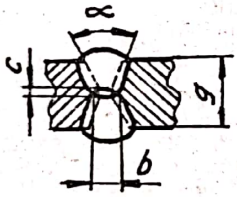
5.4.1.4.Geometria rostului. In cazul sudării cuprului se preferă îmbinările cap la cap, în locul celor de colţ susceptibile la fisurare. Se vor evita, de asemenea, îmbinările prin suprapunere.

In tabelul 5.8 sînt indicate forma şi dimensiunile rosturilor utilizate la sudarea cuprului şi alamei conform recomandărilor STAS 9830-74.

Tabelul 5.8

Forma rostului şi a îmbinării sudate	Grosimea metalului de bază g [mm]	Dimensiunile rostului Observaţii
1	2	3
	g < 2	c = r = g Se execută fără material de adaos
	g < 3	b = 0...3 Se execută pe suport (azbest)

Tabelul 5.3(continuare)

1	2	3
	3...6	b = 3...5 Se execută în poziţie verticală simultan pe ambele părţi. Nu se recomandă la sudarea alamei.
	3...12	α = 60...90° b = 3...6 Se execută pe suport (azbest)
	g>6	α = 60...90° b = 3...6 c = 2...3
	g>8	α = 60...90° b = 3...6 c = 2...4 Se execută în poziţie verticală simultan pe ambele părţi.Nu se recomandă la sudarea alamei.

5.4.1.5.Tehnica de sudare. Sudarea componentelor cu grosimi pînă la 5 mm se efectuează prin sudare spre stînga, iar pentru dimensiuni mai mari se utilizează sudarea spre dreapta.

Sîrma de adaos trebuie să se afle deasupra băii de sudură şi să fie topită în flacăra primară.

Umplerea rostului se realizează dintr-o singură trecere, deoarece depunerea a mai multor straturi are ca efect formarea suflurilor.

In cazul sudării fără prindere provizorie se recomandă poziţionarea tablelor conform schiţei din figura 5.11 a, în care deschiderea rostului la capătul opus locului de unde se va porni sudarea este de 2% L. Dacă sudarea se execută după ce în prealabil tablele au fost prinse prin puncte de sudură, ordinea executării cordoanelor este conform schiţei din figura 5.11 b, întîi porţiunea I (pe 2/3 din L) şi apoi porţiunea 1/3 L (porţiunea II).

In legătură cu efectuarea preîncălzirii cea mai indicată metodă o constituie utilizarea unui arzător cu putere mare plasat înaintea arzătorului ce efectuează sudarea.

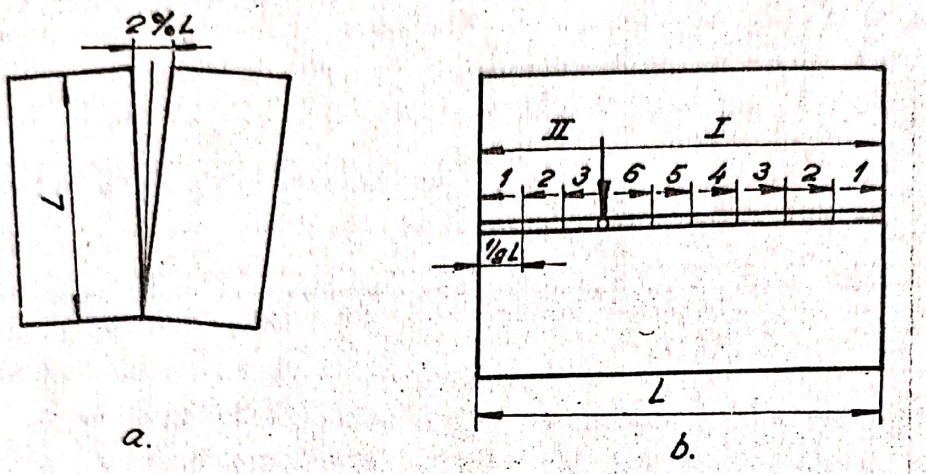


Fig.5.11.- Execuţia sudurilor lungi:a)fără prindere provizorie;b)cu prindere provizorie

5.4.1.Tratamente termice. Compactarea îmbinărilor sudate este necesară în cazul cuprului şi se realizează prin forjare. Forjarea cusăturilor la îmbinările cu grosime pînă la 4 mm se execută fără preîncălzire, iar la grosimi mai mari cu preîncălzire la 250-400°C.

După forjare se recomandă recoacerea la 500-550°C cu răcire bruscă, în apă.

5.4.2. Sudarea alamelor

Alamele sînt aliaje ale cuprului cu zincul. Conţinutul în zinc determină structura şi proprietăţile alamelor: alamele cu un conţinut de pînă la 30% Zn (alame α) au caracteristici bune de plasticitate; alamele cu 30...45% Zn sînt dure şi mai puţin plastice.

Sudarea alamelor prezintă următoarele particularităţi:

- arderea zincului. Zincul se topeşte la 419°C iar la 915°C arde, vaporizîndu-se sub formă de oxid conform reacţiei:

$$2Zn + O_2 = 2ZnO \qquad (5.17)$$

Datorită temperaturii ridicate de topire a metalului de bază (între 700-1000°C) în timpul sudării, un procent însemnat de zinc, între 25 şi 30%, se volatilizează. Arderea zincului are ca efect apariţia porilor în cusătură şi scăderea caracteristicilo mecanice. Vaporii de ZnO sînt toxici şi de aceea sudarea alamelor

trebuie efectuată în locuri bine ventilate şi cu mască de gaze;

- conductibilitatea termică mare disipă rapid căldura astfel că la sudarea componentelor cu grosimi mari este necesară aplicarea preîncălzirii;

- apariţia fisurilor de cristalizare. Aceste fisuri sînt rezultatul tensiunilor dezvoltate de procesul de sudare şi aplicarea preîncălzirii rezolvă satisfăcător acest inconvenient.

5.4.2.1.Puterea arzătorului se calculează cu relaţia:

$$P = (100...150)g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.18)$$

5.4.2.2.Compoziţia flăcării are o influenţă deosebită asupra procentului de zinc ars. Utilizarea flăcării oxidante, $\beta = 1,25...1,4$ are ca efect formarea la suprafaţa băii de sudură a unei pelicule subţiri de ZnO ce frînează arderea în continuare a zincului.

5.4.2.3.Metalul de adaos şi fluxul. Diametrul sîrmei de adaos se determină cu relaţia:

$$d = g...(g + 1) \qquad (5.19)$$

Diametrul sîrmei de adaos nu trebuie să depăşească 9 mm, independent de grosimea metalului de bază.

Sîrma de adaos trebuie să conţină elemente dezoxidante: Al, Si, Mn, Ni care să reducă oxidul de zinc, conform reacţiilor:

$$2Al + 3ZnO \rightleftharpoons Al_2O_3 + 3Zn \qquad (5.20)$$

$$Si + 2ZnO \rightleftharpoons SiO_2 + 2Zn \qquad (5.21)$$

$$Mn + ZnO \rightleftharpoons MnO + Zn \qquad (5.22)$$

$$Ni + ZnO \rightleftharpoons NiO + Zn \qquad (5.23)$$

Introducerea a 1,5-5% Ag în metalul de adaos are ca efect reducerea temperaturii de topire sub 700°C, adică sub temperatura de topire a metalului de bază şi prin aceasta scăderea procentului de Zn ars.

Fluxurile folosite la sudarea alamei sînt aceleaşi ca şi la sudarea cuprului. Cele mai eficiente sînt fluxurile 1,2 şi 3 (tabelul 5.7) care asigură curăţirea marginilor rostului, protecţia băii de sudură împotriva oxidării şi legarea oxizilor formaţi în compuşi uşor fuzibili.

5.4.2.4.Geometria rostului. Rosturile utilizate la sudarea alamei sînt cele prezentate în tabelul 5.8 conform STAS 9830-74.

5.4.2.5.Tehnica de sudare. Sudarea alamei se efectuează pe cît posibil cu viteză maximă, deoarece la viteze reduse de sudare se obţin cusături poroase. Se recomandă a se utiliza sudarea spre stînga, arzătorul înclinat sub unghi de 70-80° de orizontală iar sîrma de adaos la 15-30°. Sîrma nu se scufundă în baia de sudură, ci topindu-se se scurge sub formă de picături.

Aplicarea preîncălzirii la 200-250°C este utilă în cazul sudării componentelor cu g > 10 mm.

5.4.2.6.Tratamente termice. Aplicarea unei recoaceri la 550-650°C (în funcţie de compoziţia alamei) finisează structura îmbinării şi îmbunătăţeşte caracteristicile mecanice. Aplicarea tratamentului este posibilă numai la piese de gabarite reduse astfel că obţinerea unei îmbinări de calitate este posibilă, în majoritatea cazurilor prin alegerea corectă şi respectarea parametrilor tehnologici.

5.4.3.Sudarea bronzurilor

Bronzurile sînt aliaje ale cuprului cu alte elemente decît zincul şi se împart în două subgrupe: bronzuri cu staniu; bronzuri fără staniu,din această categorie făcînd parte bronzurile cu aluminiu, cu plumb, cu siliciu,cu nichel etc.

Ca şi în cazul fontelor sudarea bronzurilor este utilizată în scopul remedierii defectelor de turnare sau la recondiţionarea unor piese deteriorate în timpul exploatării.

Comportarea la sudare a bronzurilor prezintă următoarele particularităţi:

- independent de compoziţie bronzurile posedă conductibilitate termică mare şi fragilitate la supraîncălzire. Conductibilitatea termică generează tensiuni şi deformaţii ce au ca efect fisurarea materialului din ZIT. Eliminarea acestui inconvenient este realizată prin sudarea cu preîncălzire indiferent de grosimea metalului de bază. Temperatura de preîncălzire este determinată de compoziţia bronzului, în intervalul 500-600°C, fiind mai mare decît temperatura de recristalizare.

Supraîncălzirea are ca efect scăderea bruscă a caracteristicilor mecanice astfel că piesa ce se sudează poate fisura la solicitări prin şoc sau la vibraţii;

- bronzurile cu staniu prezintă pericolul fisurării la cristalizare,deoarece staniul în exces, existent la limitele grăunţilor se topeşte uşor şi reduce rezistenţa materialului;

- bronzurile cu aluminiu (Al < 11%) prezintă ca principală problemă la sudare formarea unei pelicule de oxid Al_2O_3 care are temperatură ridicată de topire şi greutate specifică mai mare decît a metalului lichid se depune la rădăcina cusăturii constituind o incluziune;

- bronzurile cu siliciu au comportare bună la sudare;

- bronzurile cu nichel ridică probleme dificile la sudare mai ales cînd Ni > 16%. Ele prezintă fragilitate la roşu iar oxidul de nichel, greu fuzibil, reacţionează slab cu fluxurile utilizate.

5.4.3.1.Puterea arzătorului se calculează cu relaţia:

$$P = (100...150)g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.24)$$

5.4.3.2.Compoziţia flăcării. Alegerea compoziţiei flăcării şi alegerea zonei cu care se va topi metalul de bază este determinată de compoziţia bronzului:

- la sudarea bronzului cu staniu se lucrează cun flacără normală ($\beta = 1$) iar metalul trebuie topit cu vîrful flăcării primare;

- la sudarea bronzului cu siliciu este indicată folosirea flăcării oxidante ($\beta = 1,15...1,25$), iar topirea metalului să se realizez cu capătul nucleului (în flacăra primară);

- sudarea bronzurilor cu aluminiu, nichel, plumb se realizează cu flacără normală.

5.4.3.3.Metalul de adaos şi fluxul. Sudarea bronzurilor este recomandată a se executa folosind vergele cu diametre cuprinse între 4 şi 7 mm cu compoziţie identică cu a metalului de bază.

Fluxurile utilizate se aleg în funcţie de compoziţia bronzului:

- la sudarea bronzurilor cu staniu şi siliciu se indică folosirea bronzurilor recomandate la cupru;

- la sudarea bronzurilor cu aluminiu sînt indicate fluxurile folosite la sudarea aluminiului(Tabelul 5.9) sau fluxul constituit din: 45% KCl, 20% BaCl, 20% NaCl şi 15% NaF;

- la sudarea bronzurilor cu nichel se recomandă utilizarea unui flux constituit în părţi egale din $Na_2B_4O_7$, H_3CO_3 şi NaCl.

5.4.3.4.Geometria rostului. Experienţa sudării diferitelor defecte a stabilit că cea mai indicată formă a rostului o constituie rostul în V la 90^0. Rosturile în X nu sînt utilizate. Este indicată susţinerea rădăcinii pe un suport de azbest.

5.4.3.5.Tehnica sudării bronzurilor este identică cu cea recomandată la sudarea cuprului şi alamei. In cazul în care recondiţionarea unei piese implică sudarea mai multor defecte este indicată sudarea în primul rînd a defectelor mari deoarece se obţine o încălzire bună a piesei şi este uşurată sudarea ulterioară a defectelor mai mici.

5.4.3.6.Tratamente termice. Posibilitatea aplicării tratamentelor termice este determinată de gabaritul pieselor. Se recomandă recoacerea îmbinării sudate la 4oo-45o°C urmată de răcire în aer liniştit.

5.5. Sudarea aluminiului şi aliajele sale

Aluminiul tehnic, cu o puritate de 96,6...99,9% Al, este caracterizat prin proprietăţile mecanice reduse: rezistenţa la rupere 7...14 daN/mm^2, duritatea 4o HB. Sub această formă este utilizat în scopuri de cercetare, în industria metalurgică la dezoxidare şi în piese turnate sau laminate nesolicitate la eforturi.

Prin alierea aluminiului se obţin soluţii solide şi compuşi intermetalici cu caracteristici mecanice superioare şi proprietăţi bune de turnare. In funcţie de elementul principal de aliere, aliajele de aluminiu pot fi împărţite în mai multe grupe: Al-Si, Al-Mg,Al-Cu,Al-Zn, aliaje diverse. In majoritatea cazurilor de folosesc aliaje complexe: Al-Si-Cu, Al-Si-Cu-Mn, Al-Mg-Zn,Al-Cu-Mg, Al-Mg-Mn-Ti,etc.

Dintre caracteristicile fizice ale aluminiului se remarcă: greutatea specifică 2,69 g/cm^3(de trei ori mai mică decît a oţelului),conductivitate termic 2,72 W/m°C (de şase ori mai mare ca a oţelului) şi coeficientul de dilatare liniară 23,8.1o^{-6}/°C (de două ori mai mare ca a oţelului). Temperatura de topire a aluminiului tehnic este 657°C.

Proprietăţile chimice caracterizează aluminiul ca avînd o mare afinitate faţă de oxigen. Pelicula de Al_2O_3 ce acoperă metalul,fiind subţire şi aderentă la suprafaţă conferă o foarte bună rezistenţă la coroziunea atmosferică.

Sudarea aluminiului şi a aliajelor sale prezintă următoarele particularităţi:

a) formarea peliculei de Al_2O_3 în timpul sudării. Acţiunea defavorabilă a oxidului asupra cusăturii prezintă dublu aspect;

– ca urmare a efinităţii aluminiului faţă de oxigen, pe suprafaţa metalului apare o peliculă de oxid Al_2O_3 a cărei viteză

de formare creşte cu temperatura. In timpul sudării oxidul, care este insolubil în metalul topit, acoperă suprafaţa metalului lichid rezultat din topirea marginilor rostului, precum şi picăturile din metalul de adaos, împiedecînd formarea unei băi comune necesare realizării cusăturii;

- greutatea specifică a Al_2O_3 variază cu temperatura şi este mai mare ca a aluminiului lichid. In consecinţă, pelicula de oxid se depune la rădăcina cusăturii afectînd caracteristicile mecanice ale îmbinării;

b) formarea porilor. Aceste defect este legat de prezenţa hidrogenului dizolvat în baia de sudură. Hidroganul se dizolvă în cantităţi reduse în metalul solid (0,036 cm^3/100 g) şi foarte mult în metalul lichid (0,69 cm^3/100 g). Eliminarea hidrogenului dizolvat este împiedicată în timpul cristalizării băii de sudură de acţiunea a doi factori: valoarea scăzută a coeficientului de difuzie a hidrogenului în aluminiu; existenţa peliculei de oxid Al_2O_3 la suprafaţa metalului. Principalele surse din care metalul lichid absoarbe hidrogenul sînt: - vaporii de apă aflaţi în aerul din mediul în care se desfăşoară procesul de sudare; - umiditatea conţinută în materialul de adaos şi flux. Formarea porilor este favorizată şi de prezenţa oxidului Al_2O_3 aflat în suspensie în baia metalică deoarece în microcavităţile acestor impurităţi se acumulează hidrogenul atomic ce trece apoi în stare moleculară;

c) apariţia fisurilor de cristalizare. Acest defect se datorează acţiunii a doi factori: structura grosolană rezultată în urma cristalizării; formarea eutecticilor uşor fuzibili plasaţi la limitele dintre grăunţi;

d) modificări structurale în ZIT. Posibilităţile de tratament termic împart aliajele de aluminiu în două categorii: călibile şi necălibile. In cazul aliajelor din prima categorie, prin aplicarea tratamentului de călire, revenire, sau durificare prin precipitare se obţin caracteristici mărite de rezistenţă. Imbunătăţirea caracteristicilor mecanice a aliajelor din a doua categorie se realizează prin deformare plastică la rece. In cazul aliajelor tratate termic procesul de sudare afectează caracteristicile materialului din ZIT înlăturînd efectele tratamentului;

e) fragilitate la cald. In intervalul de temperaturi 450-550°C rezistenţa mecanică a aluminiului scade foarte mult astfel că metalul se distruge (se fărîmiţează) la solicitări prin şoc.

5.5.1.Puterea arzătorului se calculează în funcţie de grosimea metalului de bază:

- pentru grosimi $g < 3$ mm:

$$P = 75.g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.25)$$

- pentru grosimi $g > 3$ mm:

$$P = 150.g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.26)$$

5.5.2.Compoziţia flăcării. Sudarea aluminiului se execută cu flacără riguros normală. Excesul de oxigen duce la formarea intensă de Al_2O_3 iar excesul de acetilenă la apariţia porilor.

5.5.3.Metalul de adaos şi fluxul. Compoziţia metalului de adaos trebuie să fie identică cu a metalului de bază şi pentru realizarea acestui scop cea mai indicată soluţie o constituie utilizarea de fîşii sîbitate din metalul de bază.

Fluxurile utilizate la sudarea aluminiului sînt amestecuri de cloruri şi floruri. În tabelul 5.9 sînt prezentate 8 reţele de fluxuri, cel mai eficient fiind fluxul 3.

Tabelul 5.9

Componenţii fluxului %	Numărul fluxului							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Clorură de natriu	30	45	63	35	33	49	30	40
Clorură de potasiu	45	30	50	48	45	29	45	49
Clorură de litiu	15	10	14	9	15	-	15	-
Clorură de bariu	-	-	-	-	-	18	-	-
Florură de natriu	-	-	8	8	-	-	10	8
Florură de potasiu	7	15	-	-	7	-	-	-
Sulfat acid de natriu	3	-	-	-	-	-	-	3
Fluorină	-	-	-	-	-	4	-	-

La topirea fluxului au loc concomitent solubilizarea şi legarea chimică în zgură atît a peliculei de oxid Al_2O_3 existentă la suprafaţa metalului cît şi a particulelor aflate în suspensie în baia de metal lichid. Solubilizarea peliculei de oxid se produce sub acţiunea florurilor, dar mai ales a clorurilor, conform reacţiilor:

$$NaHSO_4 + NaCl \longrightarrow Na_2SO_4 + HCl \qquad (5.27)$$

$$NaHSO_4 + KF \longrightarrow NaKSO_4 + HF \qquad (5.28)$$

$$6HCl + Al_2O_3 \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O \qquad (5.29)$$

$$6HF + Al_2O_3 \longrightarrow 2AlF_3 + 3H_2O \qquad (5.30)$$

$$6KCl + Al_2O_3 \longrightarrow 2AlCl_3 + 3K_2O \qquad (5.31)$$

Clorura de aluminiu ($AlCl_3$) formată are o temperatură redusă de fierbere (183^0) şi trece în stare de vapori în timpul sudării. In acelaşi timp cu desfăşurarea acestei reacţii datorită coeficienţilor diferiţi de dilatare ai peliculei de oxid şi aluminiului lichid în peliculă se formează fisuri care sînt mărite sub acţiunea florurilor. Clorura de aluminiu pătrunde prin aceste fisuri în metalul lichid şi aflîndu-se în stare gazoasă, antrenează particulele de oxid,ce tind să se depună la rădăcină,spre suprafaţa băii.

Deoarece resturile de flux rămase după sudare pe suprafaţa cusăturii au acţiune corozivă se indică spălarea îmbinării cu o soluţie de HNO_3(2%), apoi cu apă şi uscarea în aer cald.

5.5.4.Geometria rostului. Forma şi dimensiunile rostului sînt indicate în tabelul 5.1o conform recomandărilor STAS 1o181-75.

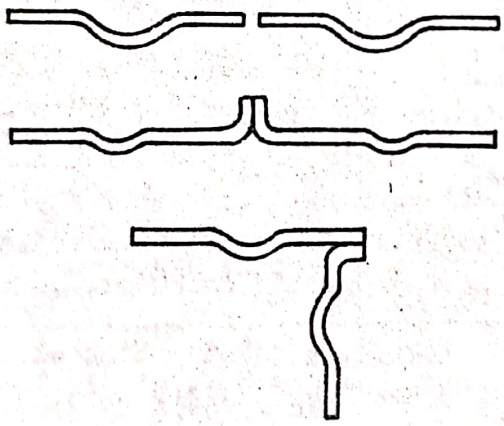


Fig.5.12.-Pregătirea tablelor subţiri în scopul reducerii deformaţiilor

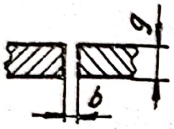
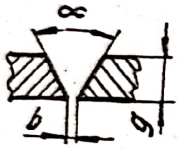
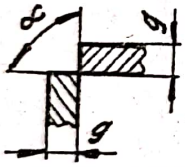
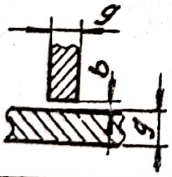
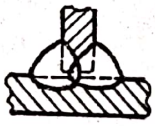
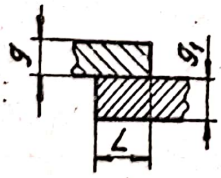
Pentru micşorarea deformaţiilor structurilor realizate din table cu grosimi reduse este indicată executarea unei ondulări, paralelă cu rostul, pe o distanţă de 2o-3o mm(fig.5.12).

5.5.5.Tehnica de sudare. In cazul sudării aluminiului modul în care sînt curăţate marginile rostului influenţează în mare măsură calitatea îmbinării. Se recomandă ca după curăţirea mecanică şi degresare să se efectueze o corodare. In tabelul 5.11 sînt date compoziţiile recomandate pentru soluţiile de corodare.. După tratarea metalului cu soluţie de corodare este necesară spălarea cu apă caldă şi uscarea cu aer cald.

Preîncălzirea la 25o-3oo^{0}C este absolut necesară atît pentru compensarea pierderilor datorate conductivităţii termice mari a metalului de bază cît şi pentru micşorarea porozităţii cusăturii.

Ordinea executării cordoanelor este cea indicată în figura 5.8. La terminarea rîndului de sudură se recomandă retragerea treptată a flăcării şi completarea craterului final în scopul evitării apariţiei fisurilor.

Tabelul 5.10

Forma rostului	Forma îmbinării	Dimensiuni
		$g < 2$ $h = g + 1$ Se execută fără material de adaos
		$g < 2$ Se execută pe suport (azbest)
		$g = 2...6$; $b < 2$ $g = 5...12$; $b < 6$ Se execută în poziţie orizontală sau verticală simultan pe ambele părţi
		$g = 3...12$ $\alpha = 60...90^0$ $b = 2...4$ Se execută pe suport
		$g > 12$ $\alpha = 60...90^0$ $b = 2...4$ Se execută în poziţie verticală simultan pe ambele părţi
		$g > 1$ $\alpha = 70...100^0$ Se execută în poziţie orizontală
		$g = 1,5...5$; $b = a...1$ $g = 5...12$; $b = 1...3$ Se execută în poziţie orizontală şi în jgheab
		$g = 1,5...12$ Fără rost între table Imbinarea nu se foloseşte la structurile de rezistenţă $L = g + g_1 + 1o$

Tabelul 5.11

Nr.soluţiei de corodare	Acid cromic	S o d ă	Silicat de sodiu	Acid clorhidric	Cromat de potasiu	Acid fluorhidric	Acid azotic	Acid sulfuric	B a z ă	Fosfat de sodiu	A p ă	Durata de corodare min	Temperatura soluţiei de corodare °C
1	2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97-98	3-5	65-80
2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95	0,25-1	20
3	-	-	-	45	-	15	15	-	-	-	25	-	20
4	-	-	-	-	-	7	27	-	-	-	66	-	20
5	-	-	-	-	-	-	5	10	-	-	85	-	20
6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5-1	3,5-3	96	-	65-70
7	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	90	-	70
8	-	-	-	-	-	-	10-30	-	-	-	90-70	0,5	20
9	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	94	2,5	60-70
10	-	5	2	-	-	-	-	-	-	5	88	-	20
11	-	-	-	-	5	-	-	-	-	25	70	10-15	30-45

5.5.6.Tratamente termice. Sudarea componentelor din aliaje de aluminiu tratate termic are ca efect înlăturarea în ZIT a proprietăţilor pe care le-a avut iniţial metalul de bază. In asemenea situaţii, dacă gabaritul pieselor o permite, se recomandă aplicarea unui tratament identic cu cel utilizat la livrarea componentelor.

Imbunătăţirea proprietăţilor mecanice ale cusăturii se poate realiza prin forjare la 250-300°C.

5.6. Sudarea plumbului

Plumbul este un metal uşor fuzibil (327°C), cu duritate mică, plasticitate şi stabilitate la coroziune deosebite. Plumbul este utilizat în industria chimică la căptuşirea aparaturii de oţel şi a conductelor. In aer uscat plumbul nu se oxidează la temperatură obişnuită, iar în prezenţa umezelii metalul se acoperă cu un strat subţire de $2PbCO_3.PbO.H_2O$, mai ales la încălzire puternică.

Plumbul se utilizează sub formă de blocuri, table sau ţevi cu 99,5...99,99% Pb şi impurităţile Mg,Fe,Cu,Zn,Sb,Bi,As.

Sudarea cu flacără a Pb prezintă următoarele particularităţi:

- prezenţa stibiului în plumb produce fragilizarea cusăturii.

La sudare este indicată utilizarea ca metal de bază a plumbului fără Sb;

- afinitatea faţă de oxigen a plumbului creşte cu temperatura astfel că baia de sudură se acoperă cu o peliculă greu fuzibilă de PbO (temperatura de topire a PbO este de 880°C), care afectează calitatea îmbinării.

5.6.1.Puterea arzătorului se calculează cu relaţia:

$$P = (10...15)g \quad [dm^3/h/mm] \qquad (5.32)$$

5.6.2.Compoziţia flăcării. Sudarea plumbului se execută cu flacără normală ($\beta = 1$).

5.6.3.Metalul de adaos şi fluxul. Metalul de adaos utilizat la sudarea Pb îl constituie fîşii debitate din metalul de bază sau vergele cu diametrul egal cu grosimea componentelor, dar nu mai mare de 10 mm.

Fluxul utilizat la sudarea plumbului are rolul de a proteja metalul împotriva oxidării, el neintrînd în reacţie cu metalul sau PbO. Se indică utilizarea de: stearină,colofoniu, amestecuri de stearină şi colofoniu, ceară naturală.

5.6.4.Geometria rostului. Prelucrarea marginilor este necesară la sudarea componentelor cu $g > 8$ mm. In acest caz se utilizează rost în V de 90°. La sudarea ţevilor este necesară mandrinarea, mai ales dacă lucrarea este executată în condiţii de montaj unde cusătura se realizează în toate poziţiile spaţiale.

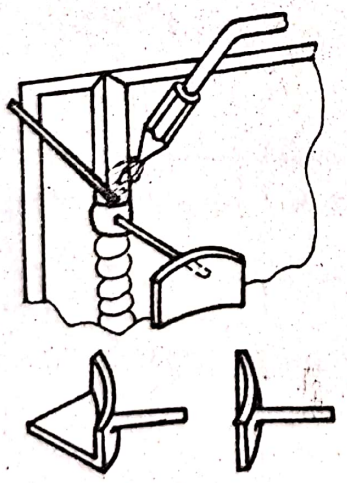


Fig.5.13.-Sudarea vertical ascendentă a plumbului.

5.6.5.Tehnica de sudare. Obţinerea unei suduri de calitate necesită curăţirea rostului şi a unei porţiuni adiacente de 30 mm pînă la luciu metalic. De asemenea metalul de adaos trebuie şi el curăţit la luciu metalic.

Aplicarea fluxului se realizează prin frecare pe metalul uşor încălzit cu suflaiul. Fluxul se aplică şi pe vergeaua de adaos.

Tehnica de sudare nu diferă de sudarea oţelului,cu particularitatea că este necesară mărirea vitezei de sudare pentru a evita scurgerea băii de metal.Arzătorul trebuie înclinat la

$30^{0}C$ faţă de suprafaţa tablei.

In cazul sudării pe verticală este necesară folosirea unor lingotiere pentru susţinerea băii de metal (fig.5.13).

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 6

SUDAREA PRIN PRESIUNE CU FLACARA DE GAZE

După cum s-a arătat în capitolul I sudarea prin presiune utilizează ambele forme de activare: mecanică şi termică. Sudarea prin presiune cu flacără de gaze se realizează prin două metode: în stare solidă (fig.1.3) şi cu topire (fig.1.4).

Elaborarea unei tehnologii de sudare, indiferent de metoda utilizată, implică alegerea:

- geometriei rostului,
- temperaturii de sudare,
- forţei (presiunii) de refulare,
- scurtării axiale,
- tratamentelor termice.

Temperatura la care se execută sudarea şi presiunea de refulare determină caracteristicile îmbinării realizate.In figura 6.1 este prezentată influenţa temperaturii şi presiunii asupra rezistenţei la rupere a îmbinărilor realizate pe oţeluri cu conţinut redus de carbon.

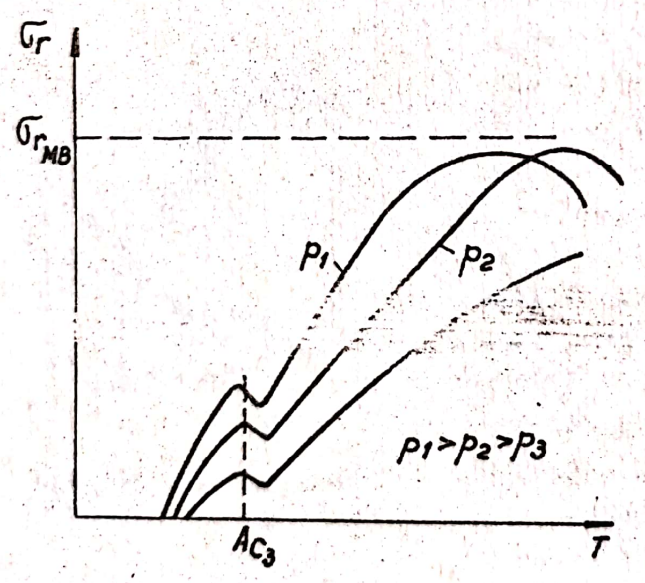


Fig.6.1.- Influenţa temperaturii şi presiunii de refulare asupra rezistenţei îmbinării la sudarea oţelurilor cu conţinut redus de carbon; $\sigma_{r_{MB}}$- rezistenţa la rupere a metalului de bază

Alegerea temperaturii de sudare depinde în cazul oţelurilor, de conţinutul în carbon (fig.6.2). Se constată că la creşterea procentului de carbon domeniul de temperaturi în care se obţin îmbinări de calitate se restrînge.

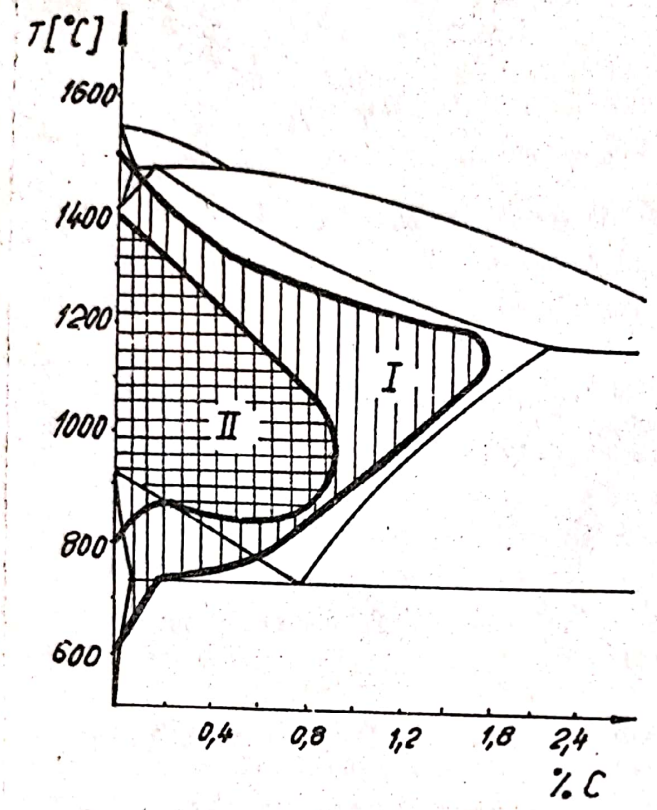


Fig.6.2.- Regimul de temperatură la sudarea prin presiune a oţelurilor:
I-domeniul de realizare a sudurii;
II-domeniul de realizare a sudurilor cu calităţi optime

6.1. Sudarea prin presiune în stare solidă

Principiul acestei metode este prezentat în figura 1.3, succesiunea fazelor de realizare a îmbinării fiind următoarea:
1. apropierea capetelor componentelor şi presarea cu forţa P;
2. aprinderea arzătorului şi încălzirea la temperatura de sudare;
3. oprirea arzătorului;
4. oprirea resării.

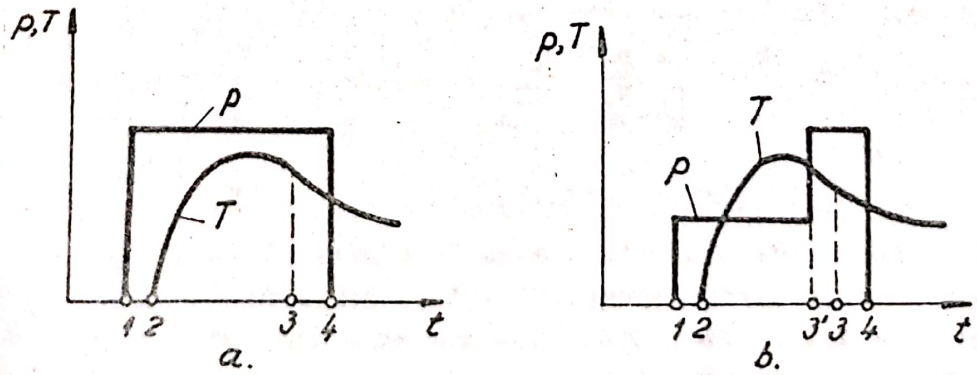


Fig.6.3.- Cicluri p-T utilizate la sudarea prin presiune în stare solidă:1-momentul aplicării presiunii;2-momentul aprinderii arzătorului;3-momentul opririi arzătorului; 3'-momentul aplicării presiunii de refulare;4-momentul opririi presării

Sudarea prin presiune în stare solidă poate fi efectuată prin utilizarea a două cicluri diferite de încălzire-presare:

- ciclul cu presiune constantă (fig.6.3 a) cînd pieselor care se sudează li se aplică o presiune constantă pe toată durata procesului de sudare;

- ciclul cu presiune variabilă (fig.6.3 b),cînd pieselor care se sudează li se aplică pînă la încălzirea la temperatura de sudare o presiune redusă (o,7-1,o daN/mm^2) după care presiunea se mărește brusc la 3,o-4,o daN/mm^2 (presiunea de refulare).

6.1.1.Pregătirea suprafețelor. Capetele componentelor se prelucrează prin așchiere astfel ca suprafețele pe care se execută îmbinarea să fie perpendiculare pe axa piesei și se curăță de oxizi și impurități. Starea de curățenie a suprafețelor de îmbinat influențează caracteristicile mecanice ale îmbinării sudate.

In cazul țevilor pentru reducerea bavurii interioare se recomandă teșirea capetelor la 5...15^0.

6.1.2.Încălzirea componentelor.Încălzirea la temperatura de sudare se realizează cu un arzător cu flăcări distribuite uniform pe perimetrul rostului. Forma arzătorului depinde de cea a pieselor de îmbinat. In cazul componentelor cu secțiune circulară (fig.1.3) se utilizează arzătoare inelare.

Evitarea supraîncălzirii arzătorului se realizează prin răcirea în interior,cu apă.

Se recomandă ca flacără de preîncălzire să fie ușor carburantă (β = o,9) pentru a se evita oxidarea suprafețelor. Puterea arzătorului se recomandă a se calcula în funcție de aria secțiunii suprafeței s, a componentelor, cu următoarele relații:

- pentru bare cu secțiune plină:

$$P = (1...2,5)s \quad [dm^3/h/mm^2] \qquad (6.1)$$

- pentru țevi:

$$P = (1,8...2,2)s \quad [dm^3/h/mm^2] \qquad (6.2)$$

Încălzirea începe după ce piesele au fost aduse în contact și presate. Pentru uniformizarea temperaturii se recomandă ca arzătorul să execute mișcări de oscilație (6o-8o oscilații/min) pe o lungime de 1o-15 mm în zona îmbinării.

Temperatura de încălzire, se alege în cazul oțelurilor carbon conform recomandării din figura 6.2, ea fiind cuprinsă cu aproximație, între 115o...125o^{0}C.

In cazul încălzirii insuficiente, sau a unei repartiții neuniforme a temperaturii pe secțiune, în îmbinare pot apare porțiuni nesudate. Supraîncălzirea are ca efect creșterea granulației îmbinării și prin aceasta reducerea caracteristicilor mecanice.

6.1.3. Forța de refulare. In cazul sudării cu utilizarea ciclului cu presiune constantă se recomandă adoptarea următoarelor valori:

- pentru oțeluri cu conținut redus de carbon: 1,5...2,5 daN/mm^2, pentru bare, și 2...4 daN/mm^2 pentru țevi;
- pentru oțeluri cu conținut ridicat de carbon sau aliate: 5...6 daN/mm^2;
- pentru țevi din oțel inoxidabil Cr-Ni 18/8: 10...12 daN/mm^2.

La sudarea cu ciclul cu presiune variabilă, pe durata încălzirii pînă la temperatura de sudare se aplică o presiune redusă (0,7...1 daN/mm^2), după care valorile presiunii de refulare se aleg conform îndicațiilor de mai sus.

6.1.4. Scurtarea axială este considerată o măsură a deformării plastice realizată la sudarea componentelor, ea constituind o verificare a corelării încălzirii pieselor cu forța de refulare. Scurtarea axială determină calitatea îmbinării realizate.

Se recomandă următoarele valori:

- 0,3 d pentru bare cu diametrul d;
- (1...1,3)g pentru țevi cu grosimea peretelui g.

6.2. Sudarea prin presiune cu topire

Principiul acestei metode este prezentat în figura 1.4. Deosebirea dintre această metodă și cea precedentă constă în faptul că piesele sînt apropiate sau aduse în contact fără a fi însă presate. După încălzirea pînă la topirea superficială a marginilor arzătorului este retras și urmează refularea. Metalul topit împreună cu oxizii și impuritățile este expulzat astfel că sudarea se realizează între porțiuni de metal aflat în stare solidă. Bavura rezultată prin aplicarea acestei metode este ascuțită spre deosebire de bavura obținută la metoda prezentată anterior unde are forma unei umflături (cusătură de bordură).

6.2.1. Pregătirea suprafețelor. Utilizarea acestei metode nu necesită prelucrarea mecanică exactă a capetelor componentelor și nici curățirea lor deoarece impuritățile sînt îndepărtate prin topire.

6.2.2.Incălzirea componentelor. Arzătorul disc prezentat în figura 1.4, realizează încălzirea frontală a capetelor componentelor. Se pot utiliza şi arzătoare sub formă de potcoavă, asemănătoare cu cele utilizate la sudarea fără topire, caz în care se realizează încălzirea laterală a componentelor. Si în această situaţie componentele nu sînt presate decît după realizarea topirii.

Incălzirea frontală este aplicată la piese de secţiuni mari deoarece distribuţia temperaturii este mai uniformă decît la încălzirea laterală.

Utilizarea arzătoarelor sub formă de potcoavă permite utilizarea unei scheme speciale de încălzire a componentelor: la începutul încălzirii capetele sînt în contact iar arzătorul execută oscilaţii pentru uniformizarea temperaturii. La 1000-1200^{0}C capetele pieselor se îndepărtează iar arzătorul se menţine în dreptul acestora pînă la topirea superficială a suprafeţelor. Acsastă metodă „combinată" duce la uniformizarea temperaturii pe secţiunea componentelor.

6.2.3.Forţa de refulare. Refularea se efectueazâ după topirea capetelor. In cazul încălzirii frontale arzătorul trebuie îndepărtat rapid şi după 1...2 secunde se aplică forţa de refulare. La timpi mai mari, deoarece metalul rămîne neprotejat de flacără, se poate oxida,iareliminarea oxizilor poate să fie incompletă.

In cazul încălzirii laterale sau combinate refularea se execută în timp ce se menţine încălzirea în scopul uşurării procesului de expulzare a impurităţilor.

Se recomandă valorile presiunii de refulare: 3...3,5 daN/mm^{2}.

6.2.4.Scurtarea axială se recomandă să se calculeze cu aceleaşi relaţii ca în cazul sudării în stare solidă.

6.3. Aplicaţii ale sudării prin presiune cu flacără cu gaze

Sudarea prin presiune permite asamblarea barelor cu diferite forme ale secţiunii, a ţevilor pentru gaze şi abur cu diametre între 100 şi 600 mm, a şinelor de cale ferată ş.a. Imbinările pot fi realizate în condiţii de şantier, în poziţie orizontală sau verticală, în locuri greu accesibile.

O aplicaţie recentă deosebită este aceea a sudării barelor armăturii turnului de telecomunicaţii din Hamburg, cu înălţimea de 271 m şi diametrul de bază de 16,5 m. Au fost sudate cap la cap,

în poziţie verticală bare cu diametrul de 2o-26 mm din oţel cu ccs o,3o% C. Incălzirea laterală, pînă la temperatura de topire, a fost realizată cu două arzătoare diametral opuse. Refularea s-a executat cu o instalaţie hidraulică la o presiune de 8...lo daN/mm^2 pînă la o scurtare axială de l...l,3 d. Timpul de execuţie a unei suduri a fost în medie de 5o secunde.

B I B L I O G R A F I E

1. Antonescu,I.,Boarnă,C.I.,Doboşan,V.,Stoiancioi,P.- Sudarea prin presiune, Editura tehnică, Bucureşti, 1969

2. Berinde,V.- Agenda sudorului, Editura tehnică,1984

3. Both,D.- Utilajul şi tehnologia sudării cu gaze şi tăierii cu oxigen, Editura de stat didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1966

4. Breazu,M.,Lönig,H.ş.a.- Indrumarul sudorului, Ed.tehnică, Bucureşti, 1975

5. Dreizenştok,Z.B.- Svarka i rezka v sudostroienii,Leningrad,1979

6. Falchievici,A.S.,Cerneac,V.S.- Sudura şi prelucrarea metalelor cu flacără, Editura tehnică, 1958

7. Gâdea,S.,Protopopescu,M.- Aliaje neferoase, Editura tehnică, Bucureşti, 1965

8. Glizmanenko,Ia.L.- Gazovaia svarka i rezka metallov, „Visşaia Skcla",Moskva, 1964

9. Hrenov,K.K.- Svarka, paika i rezka metallov, Moskva,Maşghiz, 1959

10. Janapetrov,M.- Soldadura y corte de metales, Editorial Mir Moscu, 1978

11. Jora,M.,Răileanu,D.- Aspecte comparative referitoare la sudarea cuprului şi alamei, A II-a Conferinţă „Tehnologii noi în construcţia de maşini", Galaţi,dec.1977

12. Jora,M.- Tehnologia sudării cu flacără de gaze şi procedee conexe, Lit.Universităţii din Galaţi, 1978

13. Keel,C.F.- Der praktische autogen - Schweisser, verlag Schweiz, Acetylen-verein, Baseil, 1949

14. Kleacikin,I.L.- Sudarea metalelor neferoase, Editura tehnică, Bucureşti, 1952

15. Kleacikin,Ia.L.- Sudarea metalelor şi aliajelor neferoase, Editura tehnică, Bucureşti, 1966

16. Leroy,A.,Evrard,M.,Herbemont,G.- La pratique du soudage oxyacetilenique et des techniques conexes,Paris,1963

Scanned with OKEN Scanner

17. Meslier,R.- La soudure autogène au chalumeau et a l'arc, Editions Eyrolles, Paris, 1974

18. Miloş,L.,Radu,D.,Anţilă,V.- Tehnologia sudării cu flacără de gaze şi procedee conexe, Litografia I.P. „Traian Vuia", 1980

19. Micloşi,V.,Lupescu,I.- Sudarea prin topire a oţelurilor aliate, Editura tehnică, Bucureşti, 1970

20. Micloşi,V.,Scorobeţiu,L.,Jora,M.,Miloş,L.- Bazele proceselor de sudare, Ed.didactică şi pedagogică,Bucureşti, 1982

21. Parkin,N.,Flood,C.R.- Welding craft practice, Oxy-acetylene Gas Welding and Related Studies, vol.1,Pergamon Press, 1979

22. Petrov,G.L.,Burov,N.G.,Abramovici,V.R.- Tehnologhia i oborudovanie gazoplamennoi obrabotki metallov,Leningrad „Maşinostroenie",Leningradskoe otdelenie, 1978

23. Radu,D.,Popa,N.,Sovăială,C.,Miloş,L.- Utilajul şi tehnologia sudării cu flacără de gaze şi tăierii cu oxigen, Litografia I.P.„Traian Vuia" Timişoara, 1970

24. Rossi,Boniface,E.- Welding Engineering, Mc Graw-Hill Book Company, inc.,New-York, 1954

25. Sălăgean,Tr.- Oţeluri pentru structuri sudate,Ed.Facla,1974

26. Teodorescu,C.C.,Mocanu,D.R.,Buga,M.- Imbinări sudate,Editura tehnică, Bucureşti, 1972

27. Verhovenko,L.V.,Tukin,A.K.- Spravocinik svarşcika, Minsk, „Vîsşeişaia şkola", 1977

28. x^x^x - Materiale şi procedee folosite de firma specializată „Castolin"(Elveţia) pentru sudarea şi reconditionarea pieselor,I.D.T.,Bucureşti, 1967

29. x^x^x - Catalog digest SAF, La soudure autogène française 1972

30. x^x^x - Culegere de standarde